

RECHERCHES BIOCHIMIQUES

sur

quelques espèces du genre "POTENTILLA" L.

THÈSE

*Présentée et soutenue publiquement le 20 avril 1932
à la Faculté de Pharmacie de Nancy*

POUR OBTENIR LE TITRE DE

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ

(Mention Pharmacie)

PAR

Henri WIOLAND

Pharmacien

Ex-interne des Hôpitaux

Ancien préparateur à la Faculté de Pharmacie

Né le 30 octobre 1906 à Belfort (Territoire)

Examineurs

{

MM. GILLOT
VERNIER
CORDEBARD

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE D'IMPRIMERIE
5, Avenue du Général Sarrail, 5
BELFORT

—
1932



Digitized by the Internet Archive
in 2026

RECHERCHES BIOCHIMIQUES

sur

quelques espèces du genre "POTENTILLA" L.

THÈSE

*Présentée et soutenue publiquement le 20 avril 1932
à la Faculté de Pharmacie de Nancy*

POUR OBTENIR LE TITRE DE

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ

(Mention Pharmacie)

PAR

Henri WIOLAND

Pharmacien

Ex-interne des Hôpitaux

Ancien préparateur à la Faculté de Pharmacie

Né le 30 octobre 1906 à Belfort (Territoire)

Examineurs

}

MM. GILLOT

VERNIER

CORDEBARD

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE D'IMPRIMERIE

5, Avenue du Général Sarrail, 5

BELFORT

—
1932

UNIVERSITÉ DE NANCY — FACULTÉ DE PHARMACIE

PERSONNEL ENSEIGNANT

Doyen honoraire

M. BRUNTZ, O *, , I , O , , 

Recteur de l'Université de Nancy

Professeurs honoraire

MM. FAVREL, *, I 

BRUNTZ, O *, , I , O , , 

Doyen

M. SEYOT, *, , I , 

Assesseur

M. LASSEUR, I , 

Professeurs

MM.

GRELOT, *, I  , 	Pharmacie galénique.
DOURIS, I  ,  , 	Toxicologie.
PASTUREAU, O *, I 	Pharmacie chimique.
SEYOT, *,  , I  , 	Histoire naturelle.
LASSEUR, I  , 	Microbiologie.
GILLOT, I  , 	Matière médicale.
N	Chimie organique.

Agrégé libre

M. GIRARDET *, I 

Chargés de cours

MM.

PREVOST	Chimie minérale et Minéralogie.
GRELOT, *, I  , 	Hydrologie.
PASTUREAU O *, I 	Chimie biologique.
DONZELOT	Physique.
VERNIER, I 	Zoologie.
RENARD, I 	Législation et Déontologie.
GILLOT, I  , 	Pharmacotechnie.
CORDEBARD,  , I 	Analyse chimique.
SEYOT, *,  , I  , 	Hygiène.

MM.

Chefs de travaux

VERNIER, I 	Microbiologie et Parasitologie.
MEUNIER	Pharmacie.
CORDEBARD,  , I 	Chimie et Analyse chimique.
STEIMETZ	Micrographie.
DONZELOT (chargé de travaux) ..	Physique.
MICHON (chargé de travaux)	Chimie biologique et Toxicologie

Secrétariat

E. TRIBOLET, I 

Secrétaire.

La Faculté a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend ni les approuver ni les imputer.



Recherches biochimiques

sur

quelques espèces du genre “ Potentilla ” L.

A MES PARENTS

*(en témoignage de profonde affection
et d'infinie reconnaissance)*

Meis et amicis

A MON MAÎTRE ET PRÉSIDENT DE THÈSE

M. LE PROFESSEUR P. GILLOT

Professeur de Matière Médicale

A MES JUGES

M. LE DOCTEUR P. VERNIER

Chargé de cours de Zoologie

M. H. CORDEBARD

Chargé de cours d'Analyse chimique

A TOUS MES MAÎTRES DE LA FACULTÉ DE PHARMACIE

INTRODUCTION

Le genre *Potentilla* a été l'objet d'un certain nombre de recherches botaniques et chimiques. Mais, en dépit des travaux publiés, il existe encore d'importantes lacunes. C'est ainsi que, exception faite de la Tormentille, nous n'avons eu connaissance d'aucune recherche biochimique concernant les Potentilles indigènes.

C'est dans le but de combler, en partie, cette lacune, que nous avons étudié la composition glucidique de trois espèces très communes : *Potentilla Anserina*, *P. reptans* et *P. verna*.

Avant de commencer l'exposé de cette étude, réalisée au laboratoire de Matière Médicale de la Faculté de Pharmacie de Nancy, qu'il nous soit permis d'exprimer les sentiments qui nous animent envers tous ceux qui, directement ou indirectement, ont facilité notre tâche.

A M. le Doyen SEYOT, près de qui nous avons toujours rencontré la plus grande bienveillance, nous exprimons toute notre gratitude.

Que M. le Professeur GILLOT, l'inspirateur de notre travail, veuille bien agréer l'expression de nos très vifs remerciements et le témoignage de notre profonde reconnaissance. Non seulement il nous a accueilli dans son laboratoire, mais il n'a jamais cessé, au cours de nos recherches, de nous prodiguer ses directives avisées et ses conseils judicieux.

Nous prions également M. le Docteur VERNIER de vouloir bien agréer nos remerciements les plus sincères et l'expression de notre profond respect.

A M. CORDEBARD, nous exprimons nos sentiments respectueux et reconnaissants pour l'extrême bienveillance qu'il nous a toujours témoignée au cours de nos études.

Nous avons trouvé, aussi bien à la Faculté qu'au dehors, des concours trop nombreux pour être tous cités. Nous sommes heureux de pouvoir dire ici combien nous les avons appréciés et nous prions leurs auteurs de croire à notre bien vive reconnaissance.

HISTORIQUE

Le genre *Potentilla* renferme quelques espèces qui eurent jadis une très grande réputation.

Potentilla dérive du mot latin *potens* : puissant, qui rappelle les propriétés toniques et astringentes de ces plantes. Mais, déjà dès le temps d'HIPPOCRATE, la quinte-feuille était employée contre les fièvres intermittentes (*De Morbis*, lib. II, p. 473). DIOSCORIDE signale la vertu « dessiccative » de la « *Potentilla* » et préconise les « grandes propriétés » de la plante.

MATTHIOLE nous décrit [1], d'une façon plus humoristique que scientifique, les vertus attribuées aux *Potentilles*. Il en parle en ces termes :

« Au reste, il y a une herbe assez semblable à l'Agrimoine, que quelques-uns appellent *Potentilla* : laquelle néanmoins a les feuilles plus veluës que celles d'Agrimoine, et sont vertes dessus et blanches au-dessous. Elle jette de petits rameaux qui traînent à terre, comme ceux de la Piloselle : et produit des fleurs jaunes qui tiennent à une simple queue, et sont semblables au Ranuncule des jardins. Sa racine est rouge en dehors, et blanche en dedans. Elle croît aux lieux humides, et le long des sentiers. Toute cette plante est astringente et dessiccative. Ce qui la rend propre au flux menstruel, dysenteries et autres flux du ventre : et même (comme on dit) si on la porte dans le soulier à pied nu. Prise en breuvage, elle est bonne à ceux qui crachent le sang. La décoction de l'herbe faite en vin et prise en breuvage guérit les tranchées du ventre et douleurs de

reins. La farine de l'herbe sèche prise en eau distillée de l'herbe même étanche les fluxions blanches des femmes : et encore plus efficacement si on y mêle du Corail et de brisures d'ivoire. Quelques-uns l'estiment merveilleusement tant buë que mangée à la descente de boyaux : car elle est propre à fermer les plaies et les ulcères et spécialement ceux des parties honteuses et de la bouche. Se lavant souvent la bouche de la décoction, elle raffermi les dents qui branlent et resserre les gencives et apaise la douleur des dents ; et y mêlant un peu d'alun, elle remet la luvette basse. C'est un cas fort merveilleux que cette plante mise sous la plante des pieds et au creux de la main, fait cesser les chaleurs de quelque fièvre que ce soit.....

La quintefeuille a ses rameaux grêles comme fétus et de là longueur d'un pan, lesquels portent la graine. Ses feuilles sont semblables à celles de Menthe : et en jette cinq à la fois, toutes tenantes à une queue. On en voit bien par souvent davantage. Et les feuilles sont dentelées tout à l'entour. Ses fleurs tirent sur le jaune paillé de couleur d'or. Elle croît aux lieux aquatiques, auprès des conduits d'eaux. Sa racine est rougeâtre et longue : et est plus grosse que celle de l'Ellébore noire. Elle a de grandes propriétés. La décoction de la racine faite jusqu'à la diminution de la 3^e partie, tenue à la bouche, apaise la douleur des dents : et en s'en lavant la bouche, elle arrête et réprime les ulcères pourris qui y sont. Gargarisée, elle adoucit les âpretés de la gorge et est bonne aux dysenteries et flux du ventre et aux gouttes sciatiques et douleurs des jointures : cuite en vinaigre et appliquée, elle réprime les ulcères corrosifs et résout toutes scrofules, enflures, duretés, apostèmes et tous amas de matière peccante et est bonne au feu St Antoine et aux ulcères qui viennent aux extrémités des doigts et guérit les gratelles, le mal Ste Marie et les fentes et crevasses du fondement, qu'on appelle mal St Fiacre. Le jus de cette racine pris quand elle est tendre est bon à toutes

maladies du foye et du poumon et sert de contrepoison. Les feuilles prises en breverage avec eau miellée ou en vin et eau avec un peu de poivre servent grandement aux fièvres qui ne sont pas continues. En la quarte, il faut prendre les feuilles de quatre branches ; en la tierce, de trois et en la quotidienne, faut seulement prendre les feuilles d'une branche. Les dites feuilles bues durant 30 jours servent grandement à ceux qui ont le haut-mal. Le jus des feuilles bu au poids de trois verrées certains jours, guérit fort soudain de la jaunisse. Les feuilles appliquées avec miel et sel sont fort bonnes aux plaies et aux fistules et servent grandement à ceux qui sont grevés et sujets aux descentes de boyaux. La quintefeuille tant bue que appliquée étanche tout flux de sang. On la découpe pour la purgation du péché, pour faire profession de chasteté et pour charmes et enchantements ».

Au Moyen-Age, les médecins, aussi bien que le peuple, continuèrent à utiliser les propriétés du « *Pentaphyllon* » dans les « intermittentes rebelles » (SENAC. *De second feb. interm.* p. 185) et dans les dysenteries que « l'ipécacuanha ne guérit pas ». (CHOMEL. *Plantes usuelles* II. 296). Cette pratique se poursuivit, jusqu'au moment où la découverte des quinquinas (1639) éclipsa tous les fébrifuges.

L'herbe aux oies, ou Ansérine, dont on employait la plante entière, était jadis utilisée par la médecine populaire pour traiter les hémorragies (VOGEL. *Mat. Méd.* 55) et surtout les hémoptysies ; elle était également recherchée dans le traitement de la diarrhée, de la leucorrhée, en raison même des propriétés astringentes de ses feuilles et de sa souche. TOURNEFORT l'a même conseillée sous forme de tisane dans la phtisie pulmonaire. BERGIUS dit avoir vu son suc, administré à la dose de 2 ou 4 grammes, être salulaire dans l'empyème (*Mat. Méd.* 442). Elle servit également beaucoup au tannage.

La Tormentille (*Potentilla Tormentilla*, Neck. ou *Potentilla erecta* L.) fut aussi un astringent très en honneur dans la médecine, depuis les premiers siècles après J. C. L'emploi du rhizome contre la dysenterie et les maladies dentaires était fort prisé au Moyen-Age. C'est en raison de ses propriétés particulièrement actives qu'elle a conservé, jusqu'à nos jours, toute sa popularité, surtout dans le cas de diarrhée. On a dit souvent que son action ressemblait à celle du ratanhia. Aujourd'hui, l'étude de la Tormentille a été réalisée, en grande partie, tant au point de vue botanique que chimique.

On s'accorde, à l'heure actuelle, pour attribuer aux Potentilles des propriétés astringentes et toniques. Les souches d'Anserine passent pour être diurétiques et stomachiques. En principe, leurs propriétés médicinales sont analogues à celles du *Potentilla Tormentilla*, encore mentionné au Codex de 1908.

DESCRIPTION DES TROIS ESPÈCES ÉTUDIÉES

Nous nous contenterons de relater ici la description des trois espèces telle qu'elle figure dans la Flore complète de BONNIER [1].

POTENTILLA ANSERINA L. (*Argentina vulgaris* Lam.) :
Potentille Anserine.

« C'est une plante très répandue dans presque toute l'étendue de notre Flore, sauf dans la région méditerranéenne. On la rencontre au bord des chemins, dans les clairières des bois, parfois dans les prés, souvent au bord des cours d'eau ou dans les fossés. Ses fleurs *jaunes* se montrent de juin à septembre. Ses tiges sont longues de 10 à 50 cm.. C'est une espèce remarquable par ses feuilles à *nombreuses folioles inégales*, qui sont disposées des deux côtés du pétiole commun, avec une foliole terminale, et par ses *tiges longuement rampantes, produisant des racines adventives* ça et là, au-dessous de l'insertion des feuilles et des pédoncules. Les folioles principales sont au nombre de 15 à 25 et présentent tout autour des *dents aigües* ; elles sont entremêlées de folioles beaucoup plus petites, qui sont plus ou moins divisées. Les fleurs sont isolées et terminent chacune un pédoncule qui est ordinairement plus long que la feuille à l'aisselle de laquelle il se trouve, parfois plus court chez les échantillons à tiges courtes appliquées sur le sol. Les divisions du calicule, le plus souvent profondément divisées chacune en 3 à 5 segments aigus, sont à peu près de même longueur que les sépales. Les carpelles

sont lisses. C'est une plante vivace, dont les ramifications rampantes portent des fleurs l'année même de leur naissance. La plante se perpétue et se multiplie par des rejets nombreux, de façon à occuper souvent une grande surface de terrain, grâce à des plants issus du même pied initial. (On trouve exceptionnellement des exemplaires ayant des fleurs à 4 sépales et 4 pétales, ou encore d'autres à fleurs présentant 6 sépales et 6 pétales) ».

Noms vulgaires : Argentine, Patte d'oie, Ansérine, Herbe à cochons, Tanaisie sauvage.

Distribution. Peut s'élever sur les montagnes jusqu'à 1.700 mètres d'altitude. Commune en France en général, sauf dans la Région Méditerranéenne ; assez commune dans l'Est et le Nord-Est, où on la rencontre le long des routes et des habitations, dans les prés des terrains calcaires et argileux.

POTENTILLA REPTANS L. : Potentille rampante.

« C'est une plante très répandue dans toute l'étendue de notre Flore et remarquable par ses *tiges rampantes produisant des racines adventives au-dessous de l'attache des feuilles*. On la rencontre dans les endroits humides, au bord des chemins, dans les fossés, sur les talus. Ses tiges sont de longueur variable, et la plante fleurit de juin en août ; elle refleurit parfois en automne. Ses fleurs *jaunes* sont remarquables par les 7 divisions du calicule *plus grandes et plus longues* que les sépales, et par les pétales un peu en forme de cœur, plus longs que les sépales. Les feuilles sont isolées ou groupées par 2 à 5. Les feuilles ont le plus souvent 5 *folioles* (rarement 3 à 4 folioles), qui sont *dentées sur presque tout leur pourtour*, à dent terminale plus courte que les dents voisines ; les stipules sont entières ou dentées. Le réceptacle est velu ; les carpelles sont *couverts de petits tubercules*. C'est une plante vivace, à tige

souterraine noirâtre et épaisse, verticale ou peu oblique par rapport à la surface du sol, dont les tiges florifères portent des fleurs l'année même de leur naissance. La plante se perpétue et se multiplie soit par des bourgeons souterrains, soit par des tiges rampantes et enracinées. (On a trouvé des exemplaires dont les fleurs avaient 4 pétales, d'autres dont les fleurs avaient 6 pétales ; les fleurs ont quelquefois le calice et le calicule très développés ; parfois les feuilles ont exceptionnellement 7 folioles ou sont, au contraire, réduites toutes à 3 folioles ou à une seule foliole ; une autre anomalie consiste en la présence d'une seconde fleur naissant au milieu de la fleur normale) ».

Noms vulgaires : Quintefeuille, herbe à 5 feuilles, Main de Mars, Patte de pigeon.

Distribution : La Potentille rampante est commune presque partout, et en particulier dans l'Est et le Nord-Est, où on la trouve au bord des chemins, sur les décombres des terrains calcaires et argileux. Ne se trouve pas dans les terrains de grès.

POTENTILLA VERNA L. (*Fragaria verna*, Crantz ; *Potentilla Tabernaemontani*, Aschers) : Potentille printanière.

« On peut grouper sous ce nom de très nombreuses formes (sous-espèces, races ou variétés), qui croissent sur les coteaux, au bord des bois, dans les clairières, le long des chemins, sur les talus, dans les pâturages et sur les rochers. Le type principal est très abondant dans presque toute l'étendue de notre Flore, et égaie par ses touffes fleuries les endroits incultes ou les coteaux, dès le mois d'avril. La taille de ces plantes peut varier de 3 à 30 cm. ; ses fleurs *jaunes*, parfois marquées d'une tache orangée vers la base, se montrent d'avril en août, et la plante refleurit parfois ça et là en hiver. Les caractères communs à toutes ces formes sont les suivants. Les tiges sont ordi-

nairement couvertes de poils *étalés*, parfois peu nombreux. Les feuilles de la base ont 3 à 7 folioles disposées en éventail ; chaque foliole est dentée *dans ses deux tiers supérieurs ou un peu moins* et elles *ne sont pas* bordées à leur face inférieure par une marge soyeuse ; les feuilles ne portent pas de poils étoilés. Les stipules *ne sont pas presque entièrement* soudés au pétiole, et leur partie libre, qui dépasse ordinairement 4 millimètres, est *aigüe* au sommet. Les divisions du calicule sont *plus courtes* que les sépales et ceux-ci sont plus courts que les pétales. Les carpelles mûrs, lisses ou un peu rugueux, exceptionnellement ridés et rugueux, sont ordinairement *verts ou jaunes, rarement d'un jaune brunâtre*. Ce sont des plantes vivaces, se perpétuant par des bourgeons nés sur la tige souterraine ou sur ses ramifications. (On a trouvé des exemplaires anormaux dont les fleurs portaient des étamines et même des carpelles, transformées en pétales). Le type principal se reconnaît surtout aux carpelles mûrs qui sont lisses, aux pédoncules des fruits qui sont dressés et un peu recourbés, aux stipules des feuilles inférieures qui sont très étroites, non ovales et terminées en une pointe aigüe ».

Noms vulgaires : Parcinière, Herbe rougeâtre, Farcinière, Argentine du printemps.

Distribution : La Potentille printanière est commune ou assez commune en France, en particulier dans la région de l'Est. On la trouve dans les lieux secs, sur les collines, dans les bois et en général dans tous les terrains.

Biologie de ces trois espèces

Les Potentilles étudiées, qui sont toutes les trois de petites plantes vivaces, se classent, par leurs modes de végétation, en deux groupes :

1°) La Potentille Ansérine et la Potentille rampante sont adaptées à la vie rampante et leurs rameaux stoloniformes se détruisent chaque année, après avoir donné naissance à des rosettes enracinées.

2°) La Potentille printanière se comporte comme une plante à tiges couchées et persistantes.

L'Ansérine est constituée par une souche pivotante de 5 à 15 cm. de longueur, qui donne naissance, au départ de la végétation, à une rosette de feuilles radicales pennatiséquées. Vers la fin du printemps, à l'aisselle des feuilles de la rosette, des bourgeons latéraux se développent en rameaux immédiatement rampants. Ceux-ci atteignent 20 à 40 cm. de longueur et donnent, à chaque nœud, des racines adventives et une rosette florifère identique à la rosette mère.

Les rameaux rampants se détruisent à la fin de l'année de leur formation, en libérant les jeunes rosettes, qui se comporteront, l'année suivante, de la même façon que la rosette mère.

La Potentille rampante est constituée par un rhizome pivotant. Au printemps, ce rhizome donne naissance à une rosette de petites feuilles digitées et à deux sortes de rameaux aériens. Les uns sont courts, dressés et florifères ; les autres, également florifères, sont très longs, d'abord dressés, puis peu à peu horizontaux. Ils produisent, de distance en distance, des racines adventives et une rosette de feuilles. Ces tiges rampantes passent par les mêmes stades que celles de l'Ansérine ; elles se détruisent vers la fin de l'année de leur formation en laissant libres les rosettes, qui reproduisent, l'année suivante, le même cycle végétatif.

La Potentille printanière est constituée par un rhizome cylindrique, ligneux, très ramifié, oblique ou couché. Ce rhizome donne naissance à une rosette de petites feuilles

digitées et à deux sortes de rameaux aériens : les uns, dressés et florifères, les autres stériles, d'abord couchés puis ascendants, formant avec leurs feuilles des touffes circulaires épaisses.

La plante se perpétue par des bourgeons nés sur la tige souterraine ou sur ses ramifications. Elle conserve, pendant toute l'année, des feuilles radicales et des feuilles caulinaires bien développées. Contrairement aux deux précédentes, dont les ramifications périssent après la période végétative, elle se comporte comme une plante subligneuse à feuillage persistant.

Recherches biochimiques

Recherches biochimiques

En raison de la biologie nettement dissemblable des trois espèces de Potentilles, il était intéressant de connaître les variations que leurs différents modes de végétation peuvent amener dans le métabolisme de quelques glucides qu'elles renferment normalement.

Aucun essai de ce genre n'ayant été tenté jusqu'à présent, en ce qui concerne les Potentilles, nous nous sommes proposé de mettre en lumière les transformations que subissent ces principes immédiats, dans les organes de chaque plante, au cours de la végétation.

Dans chaque espèce, nous avons suivi les variations des trois groupes de glucides suivants :

1° Les *oses* (sucres réducteurs initiaux).

2° Les *holosides* (sucres hydrolysables par l'invertine et matières amylacées).

3° Les *hétérosides* (glucosides hydrolysables par l'émulsine).

TECHNIQUE

RECHERCHE ET DOSAGE DES SUCRES ET DES HÉTÉROSIDES HYDROLYSABLES PAR LES FERMENTS

La méthode biochimique de BOURQUELOT [3] qui, depuis 1901, a joué un si grand rôle en chimie végétale, consiste à faire agir successivement deux ferments, l'invertine et l'émulsine, sur un extrait aqueux du végétal à étudier.

Cette méthode est bien connue à l'heure actuelle ; néanmoins, comme ce travail repose en grande partie sur son application, il est bon, croyons-nous, d'en rappeler très brièvement les grandes lignes.

L'invertine, ferment spécifique du saccharose, a été préparée par nos soins, suivant le procédé indiqué par BOURQUELOT [4].

De la levure haute, dite « des boulangers », est délayée dans huit fois son poids d'alcool à 95° et abandonnée pendant douze à quinze heures. Le résidu est essoré à la trompe sur un filtre de BUCHNER, lavé à l'alcool à 95°, puis à l'éther, et enfin desséché dans le vide sulfurique. Le produit sec est conservé dans un flacon bien bouché et paraffiné, à l'abri de la lumière.

L'émulsine, ferment spécifique d'un certain nombre d'hétérosides, a été retirée, également par nous, des amandes douces, en suivant la technique donnée par HÉRISSEY [5].

Des amandes douces sont mondées, après un séjour d'une minute dans l'eau bouillante, puis finement pilées au mortier de marbre. La pâte est mise à macérer, pendant 24 heures, dans un mélange à volumes égaux d'eau distillée

et d'eau chloroformée saturée, à raison de 200 cm³. p. 100 grammes d'amandes. Le mélange est passé avec expression sur une étamine mouillée et le liquide recueilli est débarrassé de l'albumine par addition d'acide acétique pur. Après filtration sur du papier mouillé, le liquide est additionné de trois fois son volume d'alcool à 95°. Le précipité est recueilli sur un filtre sans plis et lavé avec un mélange, à volumes égaux, d'alcool et d'éther. Finalement, il est desséché sur le vide sulfurique.

D'autre part, l'extrait aqueux végétal fut préparé de la façon suivante :

Une série d'opérations, destinées à arrêter tout le métabolisme cellulaire, consiste à diviser grossièrement les organes qui viennent d'être récoltés et à en projeter immédiatement les fragments dans de l'alcool à 90° bouillant, qu'on a additionné, au préalable, d'une petite quantité de carbonate de calcium. La destruction des ferments solubles contenus dans la plante se trouve ainsi réalisée, en même temps que la neutralisation des acides organiques susceptibles d'hydrolyser certains principes immédiats.

La plante, ainsi stabilisée, est broyée, puis épuisée complètement par de nouvelles quantités d'alcool bouillant. Après expression, les liquides alcooliques sont réunis, filtrés et distillés à sec sous pression réduite. Le résidu est dissous dans de l'eau thymolée, de façon que 100 cm³. de la solution ainsi obtenue correspondent à 100 g. d'organes frais.

Il ne reste plus qu'à faire agir successivement l'invertine et l'émulsine sur cet extrait aqueux, qui contient la totalité des sucres et des hétérosides solubles, et à observer les réactions qui en résultent, grâce aux modifications survenues dans les propriétés optiques et réductrices des solutions d'hydrolyse.

Une portion de la liqueur est utilisée pour le dosage du sucre réducteur initial et pour l'observation de la dévia-

tion polarimétrique ; le reste du liquide est additionné d'invertine, dans la proportion de 0 g. 50 p. 100 cm³., et mis à l'étuve à 30°-35°.

C'est par l'examen polarimétrique et par le dosage du sucre réducteur que l'on peut suivre l'action du ferment :

L'invertine déplace vers la gauche la rotation des solutions sucrées, en libérant une molécule de lévulose. Elle fait apparaître, en même temps, une certaine quantité d'autres sucres réducteurs, correspondant au glucose dans le cas du saccharose, au mélibiose ou au manninotriose, si on envisage le raffinose ou le stachyose.

Dès que l'action de l'invertine est terminée, le liquide est soumis, pendant vingt minutes et en vase clos, à la température du bain-marie bouillant, afin de détruire ce ferment. Après refroidissement, il est additionné d'émulsine, à la dose de 0 g. 25 p. 100, et remis à l'étuve à 35°.

L'examen polarimétrique et le dosage des matières réductrices sont poursuivis. La présence d'un hétéroside hydrolysable par l'émulsine se trouve révélée par un retour à droite de la déviation, en même temps que par une augmentation de la quantité de sucre réducteur.

En effet, l'hétéroside, principe lévogyre, soumis à l'action de l'émulsine, se trouve remplacé par un ensemble moins lévogyre ou même dextrogyre, si, comme cela arrive généralement, le produit formé dans l'hydrolyse, en même temps que le glucose, est inactif.

Dans les deux cas, l'examen des résultats obtenus fournit de précieuses indications sur la proportion des principes dédoublables. Il en est de même du rapport qui existe entre le retour de la déviation et la quantité de sucre formé. Ce rapport, appelé par BOURQUELOT *indice de réduction enzymolytique*, représente le poids, en milligrammes, du sucre réducteur formé dans 100 cm³. de liquide, pour un retour de la déviation de 1°, observé au tube de 2 dm. Il représente une constante du saccharose, dont l'indice de

réduction est 603 et constitue, en outre, une caractéristique de chaque hétéroside.

Telle est, succinctement résumée, la technique que nous avons appliquée à trois espèces indigènes du genre *Potentilla*, et dont les résultats sont consignés plus loin.

Mais en raison de la présence, dans ces plantes, de matières tanniques ralentissant fortement l'action de l'émulsine et aussi d'une matière colorante qui nous a considérablement gêné dans nos observations, nous avons dû déféquer les solutions aqueuses, par le sous-acétate de plomb, avant de les soumettre à l'essai.

Cette méthode fut d'ailleurs maintes fois appliquée par Mlle A. FICHTENHOLZ [6] aux plantes riches en tanin. Avant d'être soumis à l'action des ferments, les liquides sont déféqués par le sous-acétate de plomb et filtrés. L'excès de plomb est ensuite précipité par l'hydrogène sulfuré et l'acide acétique formé, éliminé par distillation dans le vide, à une température inférieure à 40°. Au cours de la distillation, on ajoute à plusieurs reprises de petites quantités d'alcool à 90°, de manière à entraîner tout l'acide acétique. On évapore jusqu'à résidu sec ; enfin, on reprend par l'eau thymolée, en quantité telle que 100 cm³. de la solution obtenue correspondent à 100 g. de plantes fraîches.

Or, ces dernières solutions présentaient encore, tout au moins pour quelques-unes d'entre elles, une coloration rouge, qui gênait énormément l'observation polarimétrique. Aussi, pour adopter une méthode uniforme et opérer dans des conditions identiques, nous avons décoloré chaque liquide extractif, avant l'essai biochimique, à l'aide d'une quantité déterminée de noir animal.

Dans tous les cas, les sucres réducteurs furent dosés en suivant la technique de G. BERTRAND [7]. Tous les examens polarimétriques furent faits à l'aide d'un tube de 2 dm. et tous les résultats rapportés à des solutions extractives dont 100 cm³. représentent 100 g. d'organes frais.

DOSAGE DES MATIÈRES AMYLACÉES

Au cours de ces recherches, nous avons dosé non seulement les sucres, mais encore les matières amylacées.

Pour doser l'amidon contenu dans les organes étudiés, nous avons suivi la technique appliquée par P. GILLOT [8] aux organes souterrains de la *Mercuriale vivace*. Nous avons utilisé, comme matière première, le marc résultant de l'épuisement des plantes par l'alcool bouillant. Ce résidu, ayant été traité par un alcool de titre alcoolique élevé, renferme toutes les substances glucidiques insolubles dans ce dissolvant, en particulier l'amidon. Le marc ayant été recueilli soigneusement, on le fait sécher à l'étuve à 35° et on le pulvérise très finement. On prélève alors une quantité de poudre correspondant à 5 g. environ de produit frais, dans laquelle on dose l'amidon par le procédé de saccharification diastasique appliqué par BOURQUELOT et BRIDEL aux tubercules de *Dioscorea Mocabiha* [9].

D'une part, on prépare un empois correspondant à la plante, en traitant la poudre par de l'eau bouillante, de façon à faire 100 cm³. d'empois. Après refroidissement, on ajoute 0 g. 20 de diastase pure (titre 300), quelques gouttes de toluène, et on met à l'étuve à 35°-40° pendant trois jours.

D'autre part, on fait un empois témoin avec 1 g. de fécule, purifiée et d'humidité connue, pour 100 g. d'eau. Comme précédemment, on ajoute 0 g. 20 de diastase, quelques gouttes de toluène et on place à l'étuve à 35°-40° pendant trois jours.

L'action diastasique étant terminée, les liquides sont déféqués et le sucre réducteur résultant de l'hydrolyse est dosé par la technique de G. BERTRAND, puis exprimé en glucose. Les résultats fournis par le témoin permettent de calculer facilement la teneur en amidon des organes analysés.

RÉSULTATS FOURNIS PAR L'APPLICATION DES PROCÉDÉS BIOCHIMIQUES A LA RECHERCHE ET AU DOSAGE DES GLUCIDES

POTENTILLA ANSERINA L.

Recherches préliminaires

Nous avons tenté, au début du mois de juillet 1930, un premier essai biochimique sur *Potentilla Anserina*. Celui-ci a porté sur les parties aériennes et souterraines. Nous avons obtenu les résultats suivants, à la suite de l'action de l'invertine et de l'émulsine sur chacun de ces organes :

	Feuilles	Souches
Déviatiou initiale (l=2).....	+ 1°	+ 54'
Déviatiou après action de l'invertine.....	+ 14'	— 50'
Déviatiou après action de l'émulsine.....	+ 32'	— 50'
Sucre réducteur initial en sucre inverti p. 100	0 g. 767	0 g. 612
Sucre réducteur après action de l'invertine..	1,175	1,651
Sucre réducteur après action de l'émulsine..	1,341	1,650
Recul provoqué par l'invertine.....	+ 46'	1° 44'
Sucre réducteur formé par l'invertine.....	0 g. 407	1 g. 039
Indice	528	600
Retour provoqué par l'émulsine.....	18'	»
Sucre réducteur formé par l'émulsine.....	0 g. 166	»
Indice	553	»

En examinant ce tableau, on constate que, sous l'influence de l'invertine, la déviatiou initiale droite des deux solutions extractives a diminué sensiblement. Les changements optiques observés semblent indiquer la présence du saccharose dans les organes de la plante. En effet, l'in-

dice de réduction se rapportant à l'action de l'invertine est de 600 pour les racines et de 528 pour les tiges, alors que l'indice théorique du saccharose est de 603.

L'émulsine, ajoutée aux liquides extractifs, s'est montrée sans influence pour les souches, après six jours de contact à la température de 36°. Par contre, elle a déterminé, dans la solution correspondant aux tiges feuillées, un retour de 18' vers la droite et une augmentation de sucres réducteurs égale à 0 g. 166, soit un indice de 553 ; ce qui établit la présence, dans les tiges feuillées, d'hétérosides hydrolysables par ce ferment.

Afin de contrôler les résultats fournis par l'invertine, nous avons tenté l'extraction et l'identification du sucre hydrolysable contenu dans les organes de l'Anserine. Nous avons ensuite cherché à suivre les variations des réserves glucidiques, au cours de l'évolution annuelle de la plante.

Extraction et identification du sucre hydrolysable par l'invertine

A. Feuilles

Un kilogramme de feuilles fut stabilisé aussitôt la récolte, broyé et épuisé, à plusieurs reprises, par l'alcool bouillant. Les solutions alcooliques furent réunies et distillées à sec sous pression réduite. Le résidu fut dissous dans 500 g. d'eau et la solution déféquée par le sous acétate de plomb. Après filtration, l'excès de plomb fut précipité par l'hydrogène sulfuré et le liquide fut concentré dans le vide, à une température inférieure à 40°, jusqu'à consistance d'extrait fluide. Pour isoler le sucre de l'extrait obtenu, nous avons employé le procédé à la baryte : formation de sucrate de baryum, décomposition de ce sucrate par l'acide

sulfurique dilué, concentration du liquide sucré, sous pression réduite, jusqu'à résidu sec. L'extrait fut alors épuisé à plusieurs reprises par l'alcool à 95° bouillant, en employant, pour chaque extraction, 50 cm³. de dissolvant. Il s'est formé, plus ou moins rapidement, dans les divers fractionnements, des cristaux qui furent recueillis, lavés à l'alcool à 95° et séchés sous l'exsiccateur à acide sulfurique.

Le produit obtenu était blanchâtre. Il possédait une saveur fortement sucrée et sa solution aqueuse ne réduisait pas la liqueur cupro-potassique à l'ébullition.

Examiné au polarimètre, il présentait un pouvoir rotatoire de :

$$\alpha_D = + 58,5$$
$$(p = 0,941 ; v = 10 ; l = 2 ; \rho = + 11^{\circ} 0)$$

Sous l'influence de l'invertine, la rotation de la solution passa rapidement à gauche, en même temps que le liquide devenait réducteur. Il était donc vraisemblable qu'il s'agissait du saccharose.

Néanmoins, pour plus de certitude, nous avons soumis le reste des cristaux à une nouvelle purification dans l'alcool à 95°. Le produit de cette deuxième cristallisation était absolument blanc. Examiné au polarimètre, il possédait un pouvoir rotatoire égal à :

$$\alpha_D = + 66,1$$
$$(p = 0,9830 ; v = 10 ; l = 2 ; \rho = + 13^{\circ})$$

Sous l'influence de l'invertine, la rotation de la solution, primitivement dextrogyre, passa rapidement à gauche, en même temps que le liquide devenait réducteur. La rotation était de -4° et le liquide contenait 1 g. 028 de sucre. Soit un indice enzymolytique de 604.

Le sucre isolé présente donc tous les caractères du saccharose.

B) *Souches*

En opérant sur un kilogramme d'organes souterrains, nous avons pu extraire, en suivant le même mode opératoire que pour les parties aériennes, un sucre cristallisé, sans action sur le réactif cupro-potassique. Ce sucre présentait un pouvoir rotatoire de :

$$\alpha_D = + 66^{\circ},3$$
$$(p = 1,2456 ; v = 20 ; l = 2 ; \varphi = + 8^{\circ} 16')$$

La solution ayant servi à la détermination du pouvoir rotatoire fut soumise à l'action de l'invertine pendant trois jours, à la température de 35°. Celle-ci, après ce temps, présentait une rotation de $- 2^{\circ} 36'$ ($t = 17^{\circ}$) et renfermait 1 g. 311 de sucre réducteur ; ce qui correspond à un indice enzymolytique de 603.

Ici encore, le sucre isolé présente toutes les caractéristiques du saccharose.

Variations des constituants glucidiques de la Potentille Ansérine, au cours de la végétation annuelle

Ainsi que nous l'avons mentionné au début de cette étude, les organes de réserve de l'Ansérine sont constitués par une souche. Celle-ci donne naissance, au départ de la végétation, à une rosette de feuilles radicales. Vers la fin du printemps, à l'aiselle de ces feuilles, des bourgeons latéraux se développent en rameaux immédiatement rampants, qui servent à la multiplication de la plante.

On peut diviser le cycle végétatif annuel en quatre périodes :

Vie uniquement souterraine, s'étendant de la chute des feuilles jusqu'au départ de la végétation printanière : décembre à mars.

Constitution de l'appareil aérien : avril à juin.

Période d'activité assimilatrice : juillet à septembre.

Déclin de la végétation aérienne : octobre, novembre.

Pour suivre les variations et migrations des glucides au cours de la végétation annuelle du *P. Anserina*, nous avons analysé les différents organes de la plante, aux principales époques de la végétation. Afin que les résultats obtenus soient comparables, nous avons récolté les divers échantillons dans une même station située près de Nancy. La richesse de celle-ci était suffisante pour nous procurer les éléments nécessaires aux essais biochimiques, au moins durant une année.

Pour augmenter encore l'analogie entre chaque récolte, nous avons pris soin d'effectuer la cueillette à un même moment de la journée et de stabiliser les organes par l'alcool bouillant deux heures après l'arrachage.

Dans tous les cas, nous avons séparé très soigneusement les souches, des feuilles radicales. Tous les essais biochimiques qui suivent, se rapportent à des solutions extractives, dont 100 cm³. correspondent à 100 g. de plante fraîche. Nous avons exprimé en sucre interverti les résultats obtenus, avant et après action des ferments, ainsi que la quantité de sucre formé. Enfin, pour chaque essai, nous avons réuni tous les résultats en un seul tableau.

Période d'activité assimilatrice

Les essais biochimiques consignés dans le tableau I correspondent aux échantillons de Potentille Anserine récoltés aux environs de Nancy, en juillet 1930. La plante a atteint son complet développement, elle porte des fleurs et des fruits et se trouve en pleine activité assimilatrice.

TABLEAU I

Récolte du 1^{er} juillet 1930

Résultats pour 100 grammes d'organes frais		Feuilles	Souches
Déviation (1=2)	initiale.....	+ 1°	+ 54'
	après action de l'invertine	+ 14'	— 50'
	après action de l'émulsine	+ 32'	— 50'
Sucre réducteur (en sucre interverti)	initial	0 g. 767	0 g. 612
	après action de l'invertine	1,175	1,651
	après action de l'émulsine	1,341	1,650.
Recul provoqué par l'invertine.....		+ 46'	1° 44'
Sucre réducteur formé par l'invertine.....		0 g. 407	1 g. 039
Indice.....		528	600
Retour provoqué par l'émulsine.....		18'	»
Sucre réducteur formé par l'émulsine.....		0 g. 166	»
Indice.....		553	»
Saccharose.....		0 g. 38	0 g. 98
Matières amylacées.....		»	2,7

TABLEAU II

Récolte du 1^{er} juillet 1930

Résultats pour 100 grammes d'organes frais		Tiges rampantes
Déviation (1=2)	initiale.....	+ 1° 14'
	après action de l'invertine.....	+ 46'
Sucre réducteur (en sucre interverti)	initial	1 g. 375
	après action de l'invertine.....	1,600
Recul provoqué par l'invertine.....		2°
Sucre réducteur formé par l'invertine.....		0 g. 225
Indice		478
Saccharose		0 g. 21

Les tiges rampantes stoloniformes, qui servent à la multiplication, sont bien développées, c'est pourquoi, nous avons pris soin de les séparer et avons effectué sur elles un essai biochimique dont les résultats sont consignés dans le tableau II.

La comparaison des tableaux I et II nous montre que les tiges rampantes sont moins riches en saccharose que les feuilles et les souches ; par contre, elles renferment beaucoup plus de sucre réducteur.

Déclin de la végétation aérienne

L'analyse des souches et des feuilles radicales du *P. Anserina* a été poursuivie, au mois d'octobre. A ce

TABLEAU III
Récolte du 9 octobre 1930

Résultats pour 100 grammes d'organes frais		Feuilles	Souches
Déviation (1=2)	{ initiale.....	+ 30'	+ 1°
	{ après action de l'invertine	— 18'	— 18'
	{ après action de l'émulsine	— 4'	— 26'
Sucre réducteur (en sucre interverti)	{ initial	0 g. 334	0 g. 235
	{ après action de l'invertine	0,788	0,975
	{ après action de l'émulsine	0,975	1,025
Recul provoqué par l'invertine.....		+ 48'	1° 18'
Sucre réducteur formé par l'invertine.....		0 g. 454	0 g. 740
Indice.....		567	569
Retour provoqué par l'émulsine.....		14'	»
Sucre réducteur formé par l'émulsine.....		0 g. 187	»
Indice.....		802	»
Saccharose.....		0 g. 43	0 g. 70
Matières amylacées.....		»	10,0

moment, où l'accumulation des glucides atteint son maximum, on constate que la proportion de saccharose emmagasinée dans les souches n'a que faiblement augmenté, tandis que la réserve amylacée a quadruplé.

Vie uniquement souterraine

Les résultats consignés dans le tableau IV s'appliquent à la période de vie uniquement souterraine. L'appareil aérien a complètement disparu ; à peine reste-t-il quelques feuilles mortes, permettant de reconnaître la plante pour la récolter.

TABLEAU IV

Récoltes du 30 janvier et du 16 mars 1931

Résultats pour 100 grammes d'organes frais		Souches	
		30 janvier 1931	16 mars 1931
Déviation (1=2)	initiale.....	+ 1° 22'	+ 22'
	après action de l'invertine	— 38'	— 56'
	après action de l'émulsine	— 38'	»
Sucre réducteur (en sucre inverti)	initial	1 g. 025	1 g. 080
	après action de l'invertine	2,220	1,900
	après action de l'émulsine	2,220	»
Recul provoqué par l'invertine.....		2°	1° 18'
Sucre réducteur formé par l'invertine.....		1 g. 195	0 g. 820
Indice.....		600	602
Retour provoqué par l'émulsine.....		»	»
Sucre réducteur formé par l'émulsine.....		»	»
Indice.....		»	»
Saccharose.....		1 g. 13	0 g. 77
Matières amylacées.....		7,5	7,1

L'examen de ces résultats montre que la réserve amy-
lacée, après avoir tout d'abord baissé d'un tiers environ,
s'est maintenue ensuite sensiblement stationnaire. Le sac-
charose, après être passé par un maximum de 1 g. 13,
redescend à 0 g. 77 en fin de période. Il est à remarquer que
la proportion des oses, après avoir quadruplé, reste très
élevée jusqu'à la fin de l'hiver.

Constitution de l'appareil aérien

Le tableau V correspond à une époque où la plante
vient de constituer son appareil aérien et où les fleurs com-
mencent à apparaître.

TABLEAU V
Récolte du 3 juin 1931

Résultats pour 100 grammes d'organes frais		Feuilles	Souches
Déviation (1=2)	initiale.....	+ 34'	+ 24'
	après action de l'invertine	— 10'	— 30'
	après action de l'émulsine	+ 10'	— 30'
Sucre réducteur (en sucre interverti)	initial	0 g. 628	0 g. 520
	après action de l'émulsine	0,934	1,180
	après action de l'invertine	1,112	1,180
Recul provoqué par l'invertine.....		44'	54'
Sucre réducteur formé par l'invertine.....		0 g. 306	0 g. 660
Indice.....		400	735
Retour provoqué par l'émulsine.....		20'	»
Sucre réducteur formé par l'émulsine.....		0 g. 180	»
Indice.....		540	»
Saccharose.....		0 g. 29	0 g. 62
Matières amylacées.....		»	1,5

On peut constater que, dans les souches, le saccharose a diminué d'un tiers de mars à juin. Pendant ce temps, la proportion d'amidon est tombée de 7 g. 1 à 1 g. 5.

Il est à remarquer aussi que les résultats obtenus en juin 1931 sont très rapprochés de ceux donnés par notre première récolte de juillet 1930.

Nous avons réuni, dans un tableau récapitulatif (tableau VI), les résultats de nos essais biochimiques relatifs à la végétation annuelle de la Potentille Anserine. L'examen de ce tableau permet de résumer, de la façon suivante, les transformations qui s'opèrent dans les différents organes de la plante :

1° Dans les *parties aériennes*, la proportion des oses et du saccharose varie avec le développement de ces organes et avec leur activité assimilatrice.

2° Dans les *souches*, qui constituent les organes de réserve, les transformations qui s'opèrent, en cours d'année, sont plus complexes : pendant la période d'assimilation, la proportion des oses reste relativement faible (0 g. 235 à 0 g. 612). Par contre, elle est beaucoup plus élevée et dépasse 1 gramme pendant la période de vie souterraine de la plante.

La teneur en saccharose passe par un minimum de 0 g. 62 au début de juin, au moment où la plante vient de constituer son appareil aérien. Elle atteint son maximum (1 g. 13) en janvier, pendant la période de vie souterraine.

Les matières amylacées subissent des variations beaucoup plus considérables que les oses et le saccharose. C'est également en juin, alors que la plante vient de constituer son appareil aérien, que leur teneur est la plus faible (1 g. 5 p. 100). En octobre, à la fin de la période d'activité assimilatrice, on observe le maximum (10 p. 100). Pendant la période de vie souterraine, la réserve amylacée

TABLEAU VI. — Variations dans la composition du *Potentilla Anserina* L.

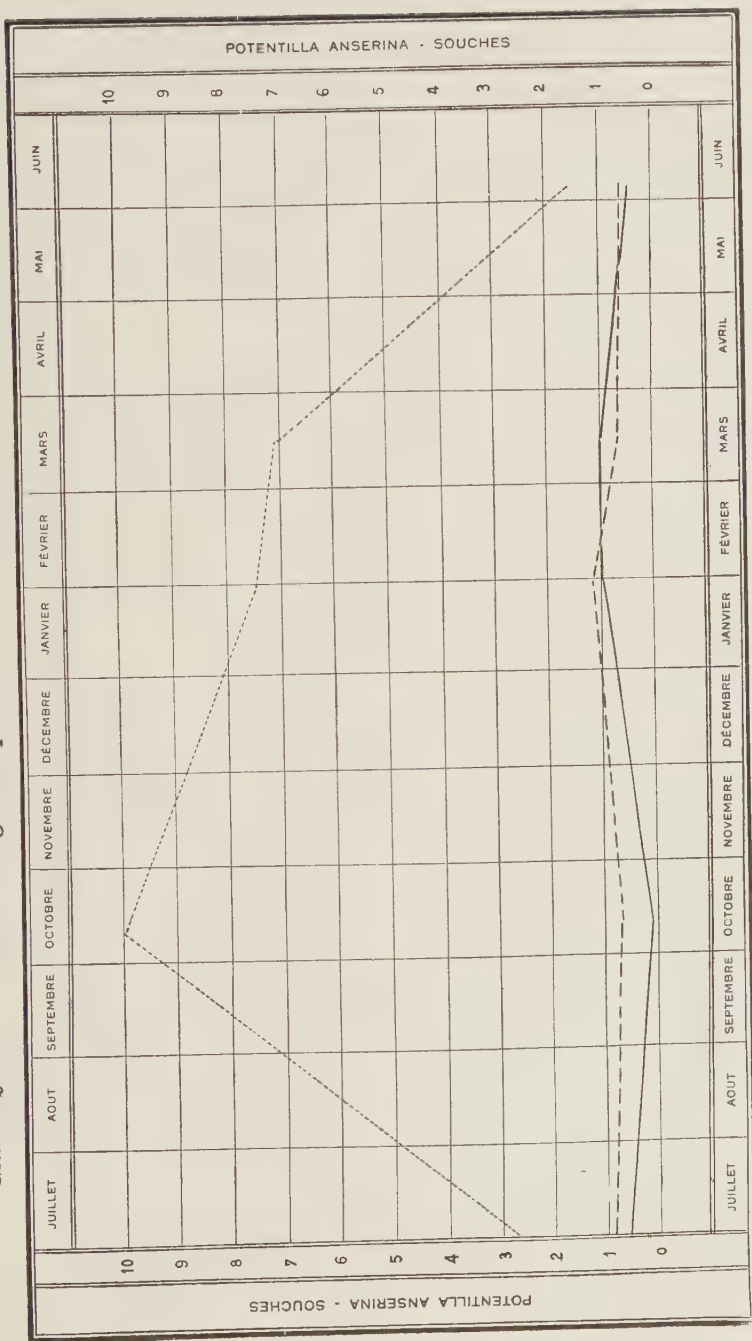
Résultats pour 100 grammes d'organes frais		1 ^{er} juillet 1930			9 octobre 1930		30 janvier 1931	16 mars 1931	3 juin 1931	
		Feuilles	Souches	Tiges ram-pantes	Feuilles	Souches	Souches	Souches	Feuilles	Souches
Déviation (1=2)	initiale									
	après invertine	+ 1°	+ 54'	+ 1° 14'	+ 30'	+ 1°	+ 1° 22'	+ 22'	+ 34'	+ 24'
	après émulsion	+ 14'	— 50'	+ 46'	— 18'	— 18'	— 38'	— 56'	— 10'	— 30'
Sucre réducteur (en sucre interverti)	initial									
	après invertine	0 g. 767	0 g. 612	1 g. 375	0 g. 334	0 g. 235	1 g. 025	1 g. 080	0 g. 628	0 g. 520
	après émulsion	1,175	1,651	1,600	0,788	0,975	2,220	1,900	0,934	1,180
		1,341	1,650	»	0,975	1,025	2,220	»	1,112	1,180
Recul provoqué par l'invertine										
		+ 46'	1° 44'	2°	+ 48'	1° 18'	2°	1° 18'	44'	54'
Sucre réducteur formé par l'invertine										
		0 g. 407	1 g. 039	0 g. 225	0 g. 454	0 g. 740	1 g. 195	0 g. 820	0 g. 306	0 g. 660
Indice		528	600	478	567	569	600	602	400	735
Retour provoqué par l'émulsion										
		18'	»	»	14'	»	»	»	20'	»
Sucre réducteur formé par l'émulsion										
		0 g. 166	»	»	0 g. 187	»	»	»	0 g. 180	»
Indice		553	»	»	802	»	»	»	540	»
Saccharose										
		0 g. 38	0 g. 98	0 g. 21	0 g. 43	0 g. 70	1 g. 13	0 g. 77	0 g. 29	0 g. 62
Matières amylacées										
		»	2,7	»	»	10,0	7,5	7,1	»	1,5

s'affaiblit, puis reste sensiblement stationnaire (7 p. 100) jusqu'au départ de la végétation aérienne.

Pour donner à cet exposé une forme plus concrète, nous avons établi un graphique dont les courbes indiquent la proportion des oses, du saccharose et des matières amy-lacées, aux diverses périodes du cycle évolutif (graphique I). Il est ainsi beaucoup plus facile de voir le rapport qui existe entre la proportion des différents glucides et de suivre leurs variations annuelles.

Nous avons dressé deux axes de coordonnées ; les grammes ont été portés en ordonnées et les mois en abscisses, de juillet à juin. Nous avons représenté par une ligne en trait plein la variation des oses, par des petits traits celle du saccharose et par des points celle des matières amy-lacées.

GRAPHIQUE I. --- Courbes glucidiques du *Potentilla Anserina* L. (Souches)



Os
 Saccharose
 Matières amylacées

POTENTILLA REPTANS L.

Recherches préliminaires

C'est au mois de juillet 1930 que nous avons effectué nos premiers essais biochimiques sur les parties aériennes et souterraines du *Potentilla reptans*. Nous avons obtenu, par l'action de l'invertine et de l'émulsine, les résultats suivants :

	Tiges feuillées	Rhizomes
Déviati ⁿ initiale (l=2).....	+ 40'	+ 56'
Déviati ⁿ après action de l'invertine.....	— 28'	— 14'
Déviati ⁿ après action de l'émulsine.....	+ 2'	— 22'
Sucre réducteur initial en sucre inverti p. 100	0 g. 613	0 g. 233
Sucre réducteur après action de l'invertine..	1,325	0,949
Sucre réducteur après action de l'émulsine..	1,540	1,038
Recul provoqué par l'invertine.....	1° 8'	1° 10'
Sucre réducteur formé par l'invertine.....	0 g. 712	0 g. 716
Indice	628	614
Retour provoqué par l'émulsine.....	30'	»
Sucre réducteur formé par l'émulsine.....	0 g. 215	»
Indice	430	»

Sous l'influence de l'invertine, la déviation initiale dextrogyre de chacune des solutions extractives est devenue lévogyre et les changements optiques obtenus coïncident sensiblement avec ceux qu'indique le calcul, lorsque l'on considère le sucre réducteur formé comme du sucre interverti. L'indice de réduction enzymolytique est, en effet, de 614 pour les parties souterraines et de 628 pour les parties aériennes, alors que l'indice du saccharose est égal à 603.

L'émulsine a déterminé, dans les solutions extractives fournies par les tiges, un retour de 30' vers la droite et une

augmentation de 0 g. 215 du sucre réducteur, soit un indice de 430 ; ce qui indique la présence d'hétérosides hydrolysables par ce ferment. Par contre, l'émulsine s'est montrée sans aucune action sur les liquides extractifs correspondant aux rhizomes.

Extraction et identification du sucre hydrolysable par l'invertine

Nous avons voulu extraire le sucre hydrolysable par l'invertine, contenu dans les tiges feuillées et dans les rhizomes du *Potentilla reptans*.

A) Tiges feuillées.

Nous avons appliqué, aux liquides extractifs provenant de deux kilogs de tiges feuillées, le procédé à la baryte, indiqué précédemment. Nous avons obtenu ainsi un extrait qui fut épuisé par l'alcool à 95° bouillant. La solution alcoolique laissa déposer, en quelques semaines, quatre grammes de cristaux blancs jaunâtres, de saveur sucrée, sans action sur la liqueur cupro-potassique. Après lavage à l'alcool à 95° et séchage sous l'exsiccateur, ces cristaux présentaient un pouvoir rotatoire de :

$$\alpha_D = + 64,5$$
$$(p = 1,155 ; v = 10 ; l = 2 ; \rho = 14^{\circ} 54')$$

Bien que ces constantes soient très rapprochées de celles du saccharose, nous avons tenu à purifier le reste du produit par une nouvelle cristallisation dans l'alcool à 95°.

Examinés au polarimètre, les nouveaux cristaux présentaient un pouvoir rotatoire égal à :

$$\alpha_D = + 66^{\circ},4$$
$$(p = 0,8734 ; v = 10 ; l = 2 ; \rho = + 11^{\circ} 36')$$

La solution, ayant servi à déterminer le pouvoir rotatoire, fut soumise à l'action de l'invertine pendant trois jours. Au bout de ce temps, le liquide, primitivement sans action sur la liqueur cupro-potassique, était devenu très fortement réducteur. Il présentait une rotation égale à $-3^{\circ} 36'$ ($t = 17^{\circ}$) et renfermait 0 g. 9132 de sucre réducteur, soit un indice enzymolytique de 600.

Ces résultats démontrent nettement la présence du saccharose dans les tiges feuillées de la *Potentille* rampante.

B) *Rhizomes*

En partant de 1 kilogramme d'organes souterrains, nous avons obtenu, en suivant le même mode opératoire, un sucre cristallisé, sans aucune action sur le réactif cupro-potassique. Ce sucre présentait comme pouvoir rotatoire :

$$\alpha_D = + 66^{\circ},5$$
$$(p = 0,8910 ; v = 10 ; l = 2 ; \rho = 11^{\circ} 52')$$

La solution ayant servi à la détermination de ce pouvoir rotatoire, soumise à l'action de l'invertine pendant trois jours, à la température de 35° , présentait une rotation de $-3^{\circ} 36'$ ($t = 17^{\circ}$) et renfermait 0 g. 9332 de sucre réducteur ; soit un indice enzymolytique de 603.

Ces résultats confirment la présence du saccharose dans les rhizomes du *Potentilla reptans*.

Variations des constituants glucidiques de la Potentille rampante, au cours de la végétation annuelle

La biologie de la Potentille rampante, ressemble beaucoup à celle de l'Anserine. La plante se multiplie et se perpétue soit par des bourgeons souterrains, soit par des tiges rampantes produisant des racines adventives.

Le *Potentilla reptans* est une plante vivace, dont les organes de réserve sont constitués par un rhizome pivotant. Au printemps, l'appareil aérien est rapidement constitué, et les premières fleurs apparaissent dès le début du mois de juin.

Le cycle végétatif de la plante peut être divisé en quatre périodes :

Vie uniquement souterraine : décembre à mars.

Constitution de l'appareil aérien : avril à juin.

Période d'activité assimilatrice : juillet à septembre.

Déclin de la végétation aérienne : octobre, novembre.

Nous avons effectué plusieurs récoltes correspondant à ces périodes. Elles furent faites dans une même station des environs de Nancy, et en prenant les mêmes précautions que précédemment.

Pour cette espèce, comme pour la précédente, nous avons soumis les rhizomes et les tiges feuillées à des essais biochimiques séparés.

Période d'activité assimilatrice

Notre première récolte, concernant la Potentille rampante, fut effectuée au début du mois de juillet, alors que la plante possède des feuilles normales et des fleurs épanouies. A cette époque de la végétation, la plante travaille déjà activement à la reconstitution des réserves amylacées. Celles-ci atteignent, en effet, 4 g. 4, tandis que la teneur en saccharose n'est que de 0 g. 68.

TABLEAU I
Récolte du 10 juillet 1930

Résultats pour 100 grammes d'organes frais		Tiges feuillées	Rhizomes
Déviation (1=2)	initiale.....	+ 40'	+ 56'
	après action de l'invertine	— 28'	— 14'
	après action de l'émulsine	+ 2'	— 22'
Sucre réducteur (en sucre interverti)	initial	0 g. 613	0 g. 233
	après action de l'invertine	1,325	0,949
	après action de l'émulsine	1,540	1,038
Recul provoqué par l'invertine.....		1° 8'	1° 10'
Sucre réducteur formé par l'invertine.....		0 g. 712	0 g. 716
Indice.....		628	614
Retour provoqué par l'émulsine.....		30'	»
Sucre réducteur formé par l'émulsine.....		0 g. 215	»
Indice.....		430	»
Saccharose.....		0 g. 67	0 g. 68
Matières amylacées.....		»	4,4

Déclin de la végétation aérienne

Au cours du mois d'octobre, nous avons effectué plusieurs essais biochimiques, afin de pouvoir apprécier le maximum des matières de réserve accumulées dans les parties souterraines du *Potentilla reptans*. Au moment des récoltes, la vie aérienne de la plante était à son déclin.

Dans une première série d'essais, faite au début d'octobre, nous avons voulu nous rendre compte de la répartition des glucides hydrolysables par l'invertine dans les différents organes. Nous avons donc effectué un essai biochimique, en prenant soin de séparer les feuilles, munies de leurs stipules, et les tiges rampantes stoloniformes. Le tableau II résume les résultats obtenus au cours de cet essai :

TABLEAU II
Récolte du 1^{er} octobre 1930

Résultats pour 100 grammes d'organes frais		Tiges rampantes	Feuilles
Déviation (1=2)	initiale.....	+ 1°	+ 54'
	après action de l'invertine	— 36'	— 54'
Sucre réducteur (en sucre interverti)	après action de l'invertine	0 g. 434	0 g. 432
	initial	1,475	1,487
Recul provoqué par l'invertine.....		1° 36'	1° 48'
Sucre réducteur formé par l'invertine.....		1 g. 040	1 g. 054
Indice.....		649	586
Saccharose.....		0 g. 98	1 g. 0

On voit que les quantités de sucre réducteur et de saccharose sont respectivement les mêmes dans les tiges rampantes et dans les feuilles.

Nous avons également procédé à une autre récolte vers la fin du mois d'octobre. L'analyse des parties aériennes et des rhizomes nous a donné les résultats consignés dans le tableau III :

La comparaison des tableaux I, II et III montre que, de juillet à octobre, la plante a emmagasiné dans ses organes souterrains une quantité relativement considérable de matières amylacées. Celles-ci sont passées, en effet, de 4 g. 4 à 11 g. 5 p. 100. Pendant le même temps, la proportion de saccharose est restée stationnaire et celle des oses n'a pas augmenté sensiblement.

Vie uniquement souterraine

Pour suivre les variations des glucides durant l'hiver, nous avons effectué deux récoltes : l'une au début de jan-

TABLEAU III
Récolte du 20 octobre 1930

Résultats pour 100 grammes d'organes frais		Tiges feuillées	Rhizomes
Déviation (1=2)	{ initiale.....	+ 44'	+ 1° 40'
	{ après action de l'invertine	— 28'	+ 24'
	{ après action de l'émulsine	— 4'	+ 24'
Sucre réducteur (en sucre interverti)	{ initial	0 g. 460	0 g. 280
	{ après action de l'invertine	1,195	1,027
	{ après action de l'émulsine	1,468	1,032
Recul provoqué par l'invertine.....		1° 12'	1° 16'
Sucre réducteur formé par l'invertine.....		0 g. 735	0 g. 747
Indice.....		612	589
Retour provoqué par l'émulsine.....		24'	»
Sucre réducteur formé par l'émulsine.....		0 g. 273	»
Indice.....		682	»
Saccharose.....		0 g. 69	0 g. 70
Matières amylacées.....		»	11,5

vier, en pleine vie souterraine, l'autre fin mars, à l'extrême limite de cette période végétative. En janvier, il nous a été particulièrement difficile de procéder à l'arrachage des organes souterrains, car l'appareil végétatif aérien n'existait plus.

Au mois de mars, les rameaux n'étaient pas encore développés, mais on remarquait déjà la formation de jeunes pousses sur le rhizome. C'est le seuil du départ de la vie aérienne de la plante.

En comparant les résultats consignés dans la première partie du tableau IV à ceux du tableau III, on constate qu'au début de la période de vie souterraine, la réserve amylacée s'est affaiblie des trois quarts de sa valeur, tandis que la proportion de saccharose triplait sensiblement. Il semble

TABLEAU IV

Récoltes du 8 janvier et du 28 mars 1931

Résultats pour 100 grammes d'organes frais		Rhizomes	
		8 janvier 1931	28 mars 1931
Déviation (1=2)	initiale.....	+ 2° 44'	+ 14'
	après action de l'invertine	— 28'	— 26'
	après action de l'émulsine	»	— 26'
Sucre réducteur (en sucre interverti)	initial	0 g. 712	0 g. 462
	après action de l'invertine	2,863	0,820
	après action de l'émulsine	»	0,820
Recul provoqué par l'invertine.....		3° 12'	40'
Sucre réducteur formé par l'invertine.....		2 g. 151	0 g. 358
Indice.....		672	537
Retour provoqué par l'émulsine.....		»	»
Sucre réducteur formé par l'émulsine.....		»	»
Indice.....		»	»
Saccharose.....		2 g. 04	0 g. 34
Matières amylacées.....		4,0	6,6

donc y avoir, au début de juillet, transformation d'amidon en saccharose. La comparaison des deux parties du tableau IV montre que, vers la fin de la période de vie souterraine, il se produit une chute considérable de la réserve de saccharose, en même temps qu'une augmentation concomittante des matières amylacées ; ce qui laisserait supposer qu'il y a, au début du printemps, transformation du saccharose en amidon. Ces profondes modifications observées dans les réserves glucidiques de la plante coïncident, ainsi que nous l'avons déjà signalé précédemment, avec le départ de la végétation aérienne.

Constitution de l'appareil aérien

Nous avons effectué une récolte au mois de juin 1931, afin de pouvoir analyser la plante prête à fleurir. Le tableau V indique les résultats concernant les tiges feuillées et les rhizomes récoltés séparément. Il est facile de constater qu'au moment de la floraison, les organes souterrains sont considérablement appauvris en matières amylacées. Seule, la proportion de saccharose commence déjà à se relever légèrement.

TABLEAU V
Récolte du 15 juin 1931

Résultats pour 100 grammes d'organes frais		Tiges feuillées	Rhizomes
Déviation (1=2)	initiale.....	+ 40'	+ 38'
	après action de l'invertine	— 20'	— 10'
	après action de l'émulsine	+ 16'	»
Sucre réducteur (en sucre interverti)	initial	0 g. 584	0 g. 444
	après action de l'invertine	1,310	0,988
	après action de l'émulsine	1,460	»
Recul provoqué par l'invertine.....		60'	48'
Sucre réducteur formé par l'invertine.....		0 g. 726	0 g. 544
Indice.....		726	680
Retour provoqué par l'émulsine.....		36'	»
Sucre réducteur formé par l'émulsine.....		0 g. 150	»
Indice.....		250	»
Saccharose.....		0 g. 68	0 g. 51
Matières amylacées.....		»	1,6

De même que pour la Potentille Anserine, nous avons réuni les résultats de nos divers essais biochimiques, concernant le cycle végétatif de la Potentille rampante, en un seul tableau (tableau VI).

L'examen de celui-ci montre que les parties aériennes et souterraines de la Potentille rampante présentent une composition et des variations glucidiques différentes :

1° PARTIES AÉRIENNES

Les *oses* ne subissent que des variations de faible amplitude, leur teneur mensuelle évoluant entre 0 g. 460 en octobre, époque où la végétation herbacée touche à sa fin, et 0 g. 613 en juillet, période où la synthèse chlorophyllienne est la plus active.

Le *saccharose* est d'une remarquable fixité. Sa teneur oscille entre 0 g. 67 et 0 g. 69 p. 100.

Les *hétérosides* ne subissent que de faibles variations au cours de la végétation, le retour provoqué par l'émulsine variant de 24' à 36' seulement. La valeur irrégulière des indices enzymolytiques obtenus ne permet pas de présumer la nature des principes hydrolysés.

2° PARTIES SOUTERRAINES

Les rhizomes, qui constituent les organes de réserve de la plante, ne renferment pas d'hétérosides hydrolysables par l'émulsine.

Les variations des matières sucrées et amylacées y sont beaucoup plus importantes que dans les tiges feuillées :

Période d'activité assimilatrice. — En juillet, alors que la plante possède des feuilles bien développées et des fleurs épanouies, la proportion de matières amylacées emmagasinées dans les organes souterrains atteint 4 g. 4 et la teneur en saccharose 0 g. 68.

Déclin de la végétation aérienne. — Fin octobre, alors que la vie aérienne de la plante est à son déclin, on constate que les organes souterrains ont emmagasiné une proportion relativement considérable de matières amylacées

(11 g. 5) tandis que la quantité de saccharose n'a augmenté que de quelques centigrammes depuis juillet (0 g. 70).

Vie souterraine. — Deux essais biochimiques ont été effectués, l'un au début et l'autre à la fin de l'hiver.

En janvier, la réserve amylacée s'est abaissée des trois quarts et se trouve réduite à 4 grammes, tandis que la proportion de saccharose a sensiblement triplé et atteint 2 g. 04. Il semble donc y avoir, au début de l'hiver, transformation d'amidon en saccharose.

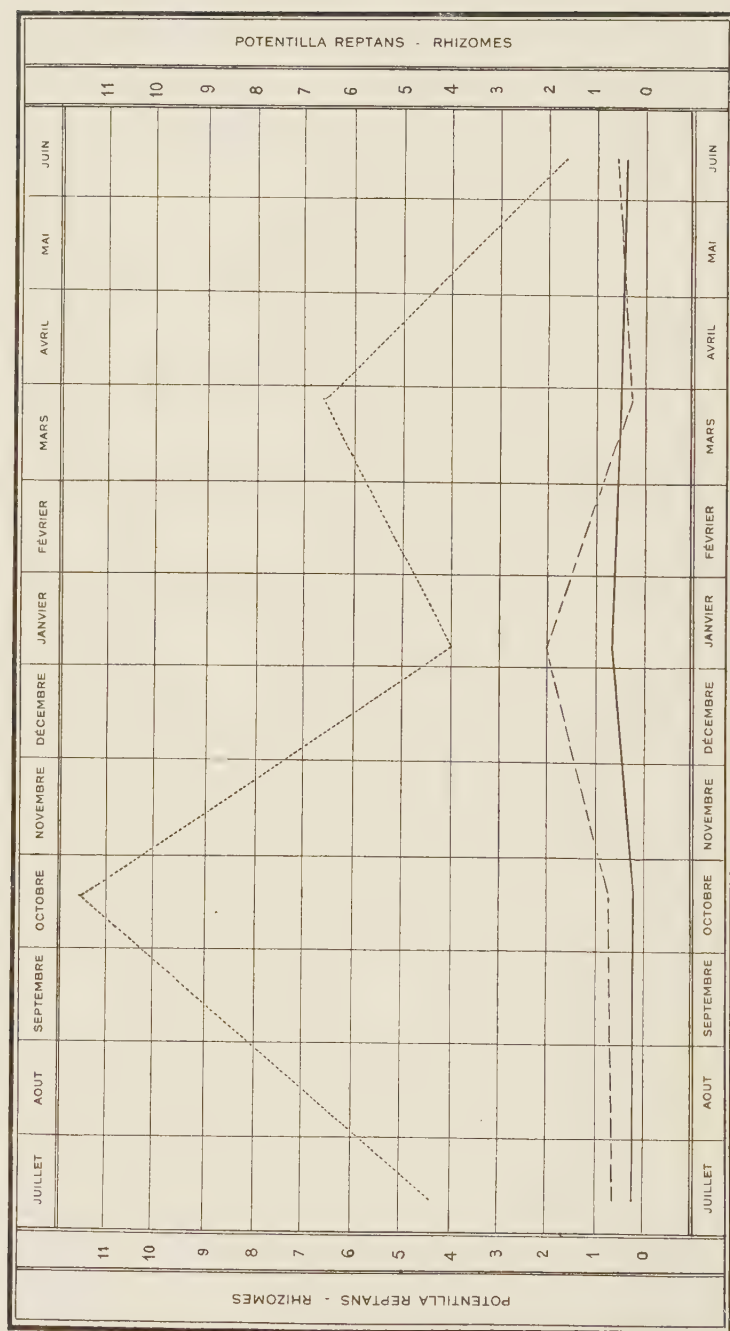
Fin mars, au moment du départ de la végétation aérienne, on assiste à un affaiblissement brusque de la réserve de saccharose, laquelle passe de 2 g. 04 à 0 g. 34 et à une augmentation des matières amylacées, dont la teneur passe de 4 g. à 6 g. 6 ; ce qui semble indiquer qu'il y a, au seuil du printemps, transformation de saccharose en amidon.

Constitution de l'appareil aérien. — Une analyse effectuée en juin, sur la plante prête à fleurir, montre que les organes de réserve sont particulièrement appauvris. On constate qu'à cette époque, la réserve amylacée atteint son minimum (1 g. 6), tandis que la teneur en saccharose est en léger accroissement (0 g. 51). Cet affaiblissement des réserves est de courte durée, puisque, dès le début de juillet, la proportion des matières amylacées a déjà triplé de valeur (4 g. 4).

En résumé, les résultats que nous avons obtenus pour *P. reptans* sont analogues à ceux qui concernent le *P. Anserina* et confirment les données déjà acquises sur les relations de l'amidon et du saccharose dans les organes de réserve des végétaux.

Nous avons également pris soin de représenter par un graphique les variations annuelles des oses, du saccharose et des matières amylacées dans les rhizomes du *P. reptans* (graphique II).

GRAPHIQUE II. — Courbes glucidiques du *Potentilla reptans* L. (Rhizomes)



Oses
 Saccharose
 Matières amylacées

POTENTILLA VERNA L.

Recherches préliminaires

Notre premier essai biochimique, concernant le *Potentilla verna*, a porté sur les parties aériennes et souterraines de la plante, récoltées en juillet 1930. Il nous a donné les résultats suivants :

	Tiges feuillées	Rhizomes
Déviatiou initiale (l=2).....	+ 1°	+ 54'
Déviatiou après action de l'invertine.....	— 44'	— 20'
Déviatiou après action de l'émulsine.....	— 16'	— 16'
Sucre réducteur initial en sucre inverti p. 100	0 g. 271	0 g. 188
Sucre réducteur après action de l'invertine..	1,269	0,929
Sucre réducteur après action de l'émulsine..	1,665	0,979
Recul provoqué par l'invertine.....	1° 44'	1° 14'
Sucre réducteur formé par l'invertine.....	0 g. 998	0 g. 741
Indice	575	600
Retour provoqué par l'émulsine.....	28'	4'
Sucre réducteur formé par l'émulsine.....	0 g. 396	0 g. 050
Indice	848	»

Sous l'influence de l'invertine, la déviation initiale droite de chacune des solutions extractives est devenue lévogyre et les changements optiques observés coïncident sensiblement avec ceux qu'on obtiendrait en considérant le sucre réducteur formé comme du sucre interverti. Il semble donc que l'on puisse admettre la présence du saccharose dans la plante.

Après quelques jours de contact, l'émulsine s'est montrée sans influence appréciable sur les solutions extractives correspondant aux rhizomes ; par contre, en ce qui concerne les solutions fournies par les tiges feuillées, nous avons constaté un retour de 28' vers la droite, et une augmentation de sucre réducteur de 0 g. 396 : soit un indice de 850 ; ce qui indique la présence, dans les organes d'assimilation, d'hétérosides hydrolysables par l'émulsine.

Extraction et identification du sucre hydrolysable par l'invertine

L'extraction du sucre hydrolysable par l'invertine a été tentée, ici encore, à partir des tiges feuillées et des organes souterrains.

A) *Tiges feuillées*

Nous avons traité l'extrait alcoolique, provenant de deux kilogs de tiges feuillées, dans les conditions décrites à propos du *Potentilla Anserina*. La solution alcoolique obtenue en dernier lieu cristallisa très lentement, mais nous donna environ 2 grammes de cristaux volumineux, qui furent lavés à l'alcool à 95° et séchés sous l'exsiccateur à acide sulfurique.

Ces gros cristaux présentaient les caractères cristallographiques du saccharose : cristaux monocliniques, hémihédres, avec angle des faces $p = 80^\circ$.

En solution aqueuse, le produit obtenu était sans action sur le réactif cupro-potassique et possédait un pouvoir rotatoire égal à :

$$\alpha_D = + 64^\circ,8$$
$$(p = 0,7580 ; v = 10 ; l = 2 ; \rho = + 9^\circ 50')$$

La solution ayant servi à la détermination de ce pouvoir rotatoire, soumise à l'action de l'invertine pendant trois jours, présentait une rotation de $- 3^\circ$ et contenait 0 g. 795 de sucre réducteur, soit un indice enzymolytique de 619.

Nous sommes donc bien en présence du saccharose dans les tiges feuillées de la *Potentilla* printanière.

B) Rhizomes

En partant de 1 kilog d'organes souterrains, nous avons pu obtenir un sucre cristallisé, sans action sur le réactif cupro-potassique, et présentant un pouvoir rotatoire de :

$$\alpha_D = + 66^{\circ},3$$
$$(p = 0,6326 ; v = 10 ; l = 2 ; \rho = + 8^{\circ} 24')$$

La solution qui nous avait servi pour cet examen polarimétrique, soumise à l'action de l'invertine pendant trois jours, à la température de 35°, présentait une déviation de — 2° 36' et renfermait 0 g. 642 de sucre réducteur : soit un indice de 583.

Ces résultats démontrent nettement la présence du saccharose dans les rhizomes du *Potentilla verna*.

Variations des constituants glucidiques de la Potentille printanière, au cours de la végétation annuelle

Si la biologie de l'Ansérine et celle de la Potentille rampante présentent une grande analogie, celle de la Potentille printanière est très nettement différente, ainsi que nous l'avons signalé précédemment.

Etant donné la végétation ininterrompue de cette dernière, il est difficile de distinguer différentes époques, dans l'évolution de la plante. Nous avons donc étudié, séparément, les tiges feuillées et les parties souterraines et avons consigné les résultats de nos analyses dans les tableaux I et II.

L'examen du tableau I, relatif aux tiges feuillées, permet de résumer de la façon suivante les variations de chacun des groupes de glucides dans les organes d'assimilation :

TABLEAU I. — Variations dans la composition des tiges feuillées du *Potentilla verna* L.

Résultats pour 100 grammes d'organes frais	10 juillet 1930	7 octobre 1930	8 décembre 1930	30 janvier 1931	26 février 1931	28 mars 1931	15 avril 1931	9 mai 1931	15 juin 1931
Déviation (1=2) initiale après invertine après émulsine	+ 1° — 44° — 16°	— 36° — 28° — 10°	+ 2° — 38° — 26°	+ 2° 18' — 32° — 26°	+ 1° 52' — 34° — 24°	+ 1° 16' — 36° — 16°	+ 43° — 26° 0	+ 50° — 32° — 10°	+ 56° — 30° — 10°
Sucre réducteur (en sucre inverti)	0 g. 271 1,269 1,665	0 g. 183 0,800 1,028	0 g. 400 1,950 2,105	0 g. 431 2,235 2,315	0 g. 335 1,950 2,090	0 g. 992 2,310 2,610	0 g. 794 1,560 1,740	0 g. 714 1,518 1,647	0 g. 580 1,480 1,620
Recul provoqué par l'invertine	1° 44'	1° 4'	2° 38'	2° 50'	2° 26'	1° 52'	1° 14'	1° 22'	1° 26'
Sucre réducteur formé par l'invertine	0 g. 998	0 g. 617	1 g. 550	1 g. 804	1 g. 615	1 g. 318	0 g. 766	0 g. 804	0 g. 900
Indice	575	578	588	636	663	706	621	588	627
Retour provoqué par l'émulsine	28°	18°	12°	6°	10°	20°	26°	22°	20°
Sucre réducteur formé par l'émulsine	0 g. 396	0 g. 228	0 g. 155	0 g. 080	0 g. 140	0 g. 300	0 g. 180	0 g. 129	0 g. 140
Indice	848	760	775	800	840	900	415	351	420
Saccharose	0 g. 94	0 g. 58	1 g. 47	1 g. 71	1 g. 53	1 g. 25	0 g. 72	0 g. 76	0 g. 85

Les oses atteignent leur minimum en octobre (0 g. 183), puis leur teneur augmente en décembre (0 g. 400) et se maintient au voisinage de ce taux pendant la saison hivernale. La richesse des feuilles en sucre réducteur, pendant la période froide, indique une intensité relativement considérable de l'assimilation chlorophyllienne.

En mars, la proportion des oses s'accroît brusquement et atteint son maximum (0 g. 992). Après s'être maintenue au-dessus de 0 g. 700 en avril, mai, principale période de la floraison de la plante, elle redescend à 0 g. 271 en juillet.

Le *saccharose* subit, lui aussi, des variations notables ; sa teneur oscille de 0 g. 58 en octobre à 1 g. 71 en janvier. Il est à remarquer que c'est l'hiver que les tiges feuillées en renferment la plus grande quantité. Celle-ci oscille de 1 g. 25 à 1 g. 71 de décembre à mars, tandis qu'elle n'atteint pas un gramme pendant la belle saison. Ces résultats semblent confirmer les observations faites par différents physiologistes, en particulier par MICHEL-DURAND [10], sur l'accumulation des sucres hydrolysables dans les feuilles persistantes, pendant la saison froide.

Les *hétérosides*, dont la quantité n'est jamais importante, semblent croître pendant la belle saison et décroître en hiver. Le retour provoqué par l'émulsine oscille, en effet, autour de 26' au printemps et en été, tandis qu'il reste au voisinage de 10' pendant l'hiver.

Les indices enzymolytiques, obtenus sous l'influence de l'émulsine, varient entre 351 et 900 : ce qui laisse supposer que l'on est en présence d'un mélange de principes hydrolysables à indices dissemblables.

Les résultats réunis dans le tableau II permettent de déduire les conclusions suivantes :

TABLEAU II. — Variations dans la composition des rhizomes du *Potentilla verna* L.

Résultats pour 100 grammes d'organes frais			10 juillet 1930	7 octobre 1930	8 décembre 1930	30 janvier 1931	26 février 1931	28 mars 1931	15 avril 1931	9 mai 1931	15 juin 1931
Déviation (I=2)	initiale		+ 54'	+ 36'	+ 1° 34'	+ 1° 26'	+ 1° 46'	+ 14'	+ 20'	+ 40'	+ 48'
	après invertine		— 20'	— 18'	— 26'	— 20'	— 28'	— 26'	— 16'	— 14'	— 16'
	après émulsine		— 16'	— 20'	— 26'	— 26'	— 28'	— 24'	— 16'	— 10'	— 14'
Sucre réducteur (en sucre interventi)	initial		0 g. 188	0 g. 157	0 g. 237	1 g. 032	0 g. 434	0 g. 482	0 g. 530	0 g. 238	0 g. 200
	après invertine		0,929	0,704	1,496	2,200	1,750	0,936	1,00	0,737	0,850
	après émulsine		0,979	0,712	1,486	2,200	1,750	0,944	1,03	0,779	0,858
Recul provoqué par l'invertine			1° 14'	54'	2°	1° 46'	2° 10'	40'	36'	54'	1° 4'
Sucre réducteur formé par l'invertine			0 g. 741	0 g. 547	1 g. 209	1 g. 118	1 g. 316	0 g. 454	0 g. 470	0 g. 499	0 g. 650
Indice			600	607	604	632	607	680	783	554	609
Retour provoqué par l'émulsine			4'	»	»	»	»	»	»	4'	»
Sucre réducteur formé par l'émulsine			0 g. 050	»	»	»	»	»	»	0 g. 042	»
Indice			»	»	»	»	»	»	»	»	»
Saccharose			0 g. 70	0 g. 52	1 g. 14	1 g. 06	1 g. 25	0 g. 43	0 g. 44	0 g. 47	0 g. 61
Matières amylacées			1,8	1,9	2,0	1,5	1,2	1,8	1,0	0,9	1,5

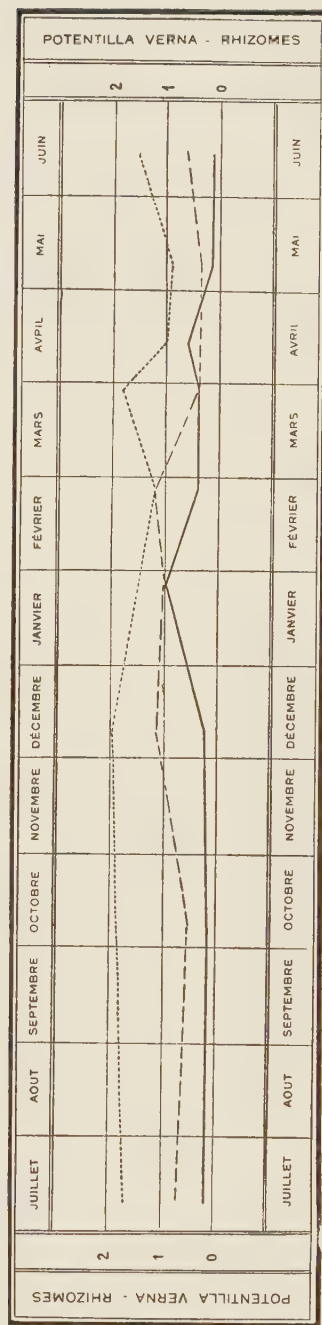
Les *oses* subissent, dans les organes souterrains, des variations de même amplitude que dans les tiges feuillées. Leur teneur mensuelle passe par un minimum en octobre (0 g. 157) et un maximum en janvier (1 g. 082).

Le *saccharose* atteint son maximum en hiver et ne présente, durant la saison froide, que des variations insignifiantes. Sa teneur diminue brusquement des deux tiers au printemps, au moment où la végétation devient plus active, puis elle reste faible pendant toute la belle saison. Il est à remarquer que le saccharose subit des variations plus faibles dans les rhizomes que dans les feuilles, sa proportion oscillant en effet entre 0 g. 43 en mars et 1 g. 25 en février.

Les *matières amylacées* présentent, au cours de la végétation, des variations plus faibles encore que le saccharose. La teneur en amidon atteint son maximum (2 g.) en décembre et son minimum (0 g. 9) en avril, mai, au moment de la floraison.

Les *hétérosides* ne semblent pas exister dans les organes souterrains, car les modifications provoquées par l'émulsine rentrent dans le cadre des erreurs expérimentales.

GRAPHIQUE III. — Courbes glucidiques du *Potentilla verna* L. (Rhizomes)



Oses

Saccharose

Matières amylacées

Variations comparées des glucides, dans la Potentille rampante et dans la Potentille printanière

Si l'on compare les variations des glucides dans la Potentille rampante et dans la Potentille printanière, on constate qu'il existe entre les deux plantes des différences très nettes, aussi bien dans l'appareil foliacé que dans les organes de réserve.

1° En ce qui concerne l'appareil foliacé, les tiges feuillées de la Potentille rampante se comportent absolument comme les feuilles caduques des plantes vivaces. Par contre, les tiges feuillées de la Potentille printanière ressemblent aux feuilles des végétaux toujours verts, ainsi qu'en témoigne leur richesse en sucres réducteurs et hydrolysables, pendant toute la saison hivernale.

2° Au point de vue des organes souterrains, la Potentille rampante se comporte comme toutes les plantes vivaces à rameaux caducs : ses réserves amylacées passant par un maximum en automne, diminuant lentement pendant l'hiver, puis s'affaiblissant brusquement au printemps, au moment du départ de la végétation. Il en résulte des oscillations très importantes, que les courbes du graphique IV permettent d'apprécier facilement.

La Potentille printanière accumule relativement peu de glucides dans son rhizome et les réserves emmagasinées ne subissent que des variations de faible amplitude. Contrairement à ce qui se passe chez la plupart des plantes vivaces à feuillage toujours vert, les matières amylacées n'augmentent pas sensiblement pendant l'hiver. Elles restent stationnaires pendant la plus grande partie de l'année et il n'y a qu'au printemps que l'on constate une consommation très nette des réserves. Ces résultats peuvent s'expliquer par ce fait que si la Potentille printanière continue à assi-

GRAPHIQUE IV. — Courbes glucidiques du *Potentilla reptans* L. et du *Potentilla verna* L. (Rhizomes)



Oses
Saccharose
Matières amylacées

miler pendant l'hiver, grâce à ses feuilles vertes, sa croissance n'est presque jamais suspendue. Non seulement la plante refleurit parfois en toutes saisons, mais elle forme également de nouvelles pousses, si bien que la consommation des réserves arrive à contrebalancer sensiblement leur formation. Les courbes, représentant les variations glucidiques dans les organes de réserve de la *Potentille* printanière, ont donc une forme très régulière, comme le montre la partie inférieure du graphique IV.

RECHERCHE DES DIASTASES DANS LES DIFFÉRENTES ESPÈCES

Nous avons préparé, pour chacune des trois espèces, une poudre fermentaire. A cet effet, nous avons épuisé lentement et à froid, par 500 cm³. environ d'alcool à 95°, une cinquantaine de grammes de plantes entières fraîches, finement broyées. Le marc fut essoré, lavé à l'alcool et séché. Il fut enfin pulvérisé et tamisé, de façon à obtenir une poudre homogène.

Chacune de ces poudres, ajoutée à de l'eau thymolée dans la proportion de 1 p. 100, se montra inactive sur la lumière polarisée et dépourvue de propriétés réductrices.

Recherche de l'invertine et de l'émulsine

Nous avons préparé respectivement, avec chaque poudre fermentaire, les mélanges suivants :

I	}	Poudre fermentaire	0 g. 50
		Eau thymolée	50 cm ³ .
II	}	Poudre fermentaire	0 g. 50
		Solution de saccharose à 1 p. 100..	50 cm ³ .
III	}	Poudre fermentaire —————	0 g. 50
		Solution d'amygdaline à 1 p. 100..	50 cm ³ .
IV	}	Poudre fermentaire —————	0 g. 50
		Solution de salicine à 1 p. 100.	50 cm ³ .

Ces quatre mélanges furent abandonnés, pendant huit jours, à la température de 35°, puis examinés au polarimètre. Les résultats obtenus après ce temps de contact sont consignés dans le tableau qui suit :

Solutions	Déviation initiale	Déviation après action de la poudre fermentaire		
		P. Anserina	P. reptans	P. verna
Eau thymolée	0	0	0	0
Sol. de saccharose	+ 1° 20'	— 22'	— 12'	— 28'
Sol. d'amygdaline	— 42'	— 26'	— 24'	— 32'
Sol. de salicine	— 1° 16'	— 14'	— 32'	— 40'

Ainsi, toutes les poudres fermentaires, dont les macérations dans l'eau thymolée s'étaient montrées inactives sur la lumière polarisée, ont déterminé un changement notable dans les déviations initiales des solutions de saccharose, de salicine et d'amygdaline.

Toutes ces solutions réduisaient la liqueur cupro-potassique, légèrement pour *P. verna*, mais très nettement pour *P. Anserina* et *P. reptans*. Par contre, celles qui avaient été conservées comme témoins n'étaient pas réductrices. En outre, les solutions d'amygdaline présentaient, après action de la poudre fermentaire, une odeur très forte d'essence d'amandes amères.

Les trois Potentilles renferment donc de l'invertine et de l'émulsine.

Recherche de l'amylase

Nous avons préparé trois empois composés de :

{	Fécule	1 g.
	Eau	100 g.

et à chacun d'eux, nous avons ajouté un gramme de poudre fermentaire.

Ces mélanges furent abandonnés à l'étuve à 35°, pendant trois jours. Après filtration, ils réduisaient très nette-

ment la liqueur cupro-potassique et renfermaient les quantités suivantes de sucre réducteur, exprimé en glucose :

	Glucose p. 100
<i>Potentilla Anserina</i>	0 g. 090
<i>Potentilla reptans</i>	0 g. 073
<i>Potentilla verna</i>	0 g. 067

Les trois Potentilles renferment donc de l'amylase.

PRÉSENCE DU TORMENTOL DANS LES ORGANES DU *POTENTILLA ANSERINA* ET DU *POTENTILLA REPTANS*

Au cours de nos recherches biochimiques sur les trois espèces du genre *Potentilla* L., nous avons isolé un corps cristallisé présentant tous les caractères du « tormentol ».

Ce principe fut extrait, pour la première fois, de la Tormentille (*Potentilla Tormentilla* Neck.), par GORIS et VISCHNIAC, en 1915. Ces auteurs avaient obtenu le tormentol en appliquant le mode opératoire suivant [11] :

« On commence par humecter la poudre sèche des racines avec une solution d'acétate basique de plomb diluée de son volume d'eau. On emploie 1.200 cm³. de solution pour un kilog de poudre. Après avoir intimement mélangé ces deux substances, on les abandonne à l'air pendant un à deux jours. La masse, qui reste pulvérulente, est épuisée à trois reprises avec de l'acétone bouillant. On filtre après chaque épuisement, on recueille les solutions acétoniques, on les concentre et on les laisse refroidir. La majeure partie de la matière colorante rouge, du tanin, des acides aromatiques, etc., précipite à l'état de combinaison plombique, accompagnée d'une huile jaune, qui gêne particulièrement la purification du tormentol. On décante l'acétone et on précipite la liqueur par un grand excès d'eau. On laisse le précipité se rassembler, on l'essore et on le redissout à froid dans l'alcool à 90°. La solution est encore très fortement colorée en rouge. On l'additionne d'un excès d'acétate basique de plomb, pour précipiter la matière colorante et on filtre. La solution alcoolique est ensuite chauffée légè-

rement au bain-marie et additionnée d'un faible excès de SO^2H^2 à 10 p. 100. On maintient pendant quelque temps au bain-marie pour rassembler le précipité de SO^4Pb , on filtre et on concentre la solution sous pression fortement réduite. Lorsque la solution est suffisamment concentrée, un précipité se forme, qui remplit bientôt le ballon. On arrête la distillation, on laisse refroidir et on essore sur la trompe à vide. Le précipité est constitué par du tormentol presque pur, qu'une nouvelle cristallisation dans l'alcool suffit à purifier complètement.

Les eaux mères renferment encore une faible quantité du produit, souillé par une huile jaune qui empêche sa cristallisation. Pour extraire ce résidu, on ajoute aux eaux mères deux volumes de chloroforme qui s'empare de l'huile et, sans séparer le chloroforme, on additionne de deux à trois volumes d'eau. Une nouvelle quantité de tormentol se précipite ; on laisse déposer vingt-quatre heures et on essore le précipité. Il est toutefois moins pur que le précédent, et il est prudent de le faire cristalliser séparément ».

Extraction. — Nous avons, tout d'abord, obtenu cette substance en effectuant l'extraction des glucides contenus dans les organes souterrains du *Potentilla reptans*.

Un kilog de rhizomes frais de *P. rampante* fut épuisé par l'alcool bouillant et la liqueur alcoolique évaporée, sous pression réduite, jusqu'à la consistance d'un extrait fluide. La solution extractive fut déféquée par le sous-acétate de plomb, débarrassée de l'excès de plomb par l'hydrogène sulfuré et concentrée dans le vide. Vers la fin de cette concentration, il se déposa, sur les parois du ballon, un produit blanc assez abondant, qui fut recueilli par essorage.

Le précipité était insoluble dans l'eau et très soluble dans l'alcool fort ; il fut dissous, à une douce chaleur, dans de l'alcool à 30°. Par refroidissement, il se fit une abondante cristallisation de fines aiguilles soyeuses, groupées en houppes. Après trois purifications successives dans l'alcool

dilué, les cristaux furent essorés et séchés à l'air. Nous avons ainsi obtenu 1 g. 95 de produit pur.

Identification. — Le principe isolé présente les caractères suivants : il est inodore et insipide. Il est insoluble dans l'eau, l'éther, le chloroforme ; très soluble dans l'alcool à 95°, l'alcool méthylique, l'acétone, l'acide acétique concentré. Il ne réduit pas la liqueur cupro-potassique.

Les solutions alcooliques, tiédies au bain-marie et additionnées d'eau jusqu'à trouble persistant, fournissent par refroidissement une nouvelle cristallisation.

Forme cristalline. — Le produit se présente sous la forme de cristaux soyeux, groupés en houppes. Ces cristaux sont constitués par des aiguilles très fines, de forme prismatique, terminés par une base et s'éteignant en long. Les figures I et II donnent l'aspect microscopique de ces cristaux examinés à deux grossissements différents.

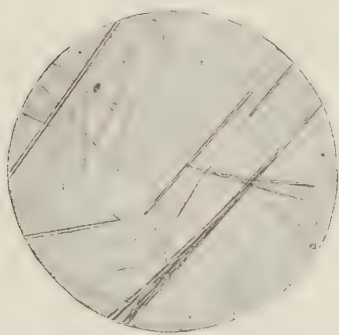


Fig. I. — Tormentol - gr. = 102

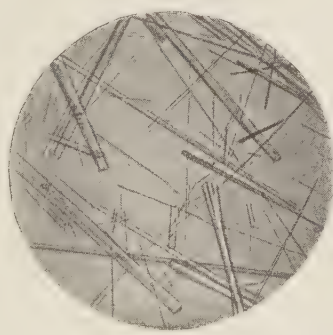


Fig. II. — Tormentol - gr. = 260

Point de fusion. — Au bloc MAQUENNE, la fusion instantanée se fait à $+ 225^{\circ}$, 226° .

Perte en eau. — Maintenus dans le vide pendant dix heures, à $+ 50^{\circ}$, 55° , les cristaux perdent 12, 10 p. 100 d'eau, sans subir aucune altération.

Par contre, la dessiccation à l'étuve à $+ 100^{\circ}$ fournit un produit de teinte ambrée et incristallisable. L'altération provoquée par la chaleur se traduit du reste par des modifications dans les propriétés optiques du corps anhydre.

Pouvoir rotatoire. — Le principe isolé est dextrogyre.

Hydraté, en solution dans l'alcool à 90° , son pouvoir rotatoire est :

$$\alpha_d = + 9^{\circ},4$$
$$(p = 0,667 ; v = 10 ; l = 2 ; \rho = + 1^{\circ}16')$$

ce qui correspond théoriquement à :

$$\alpha_d = + 10^{\circ},6$$

pour le produit anhydre.

Déshydraté dans le vide à $+ 50^{\circ}$, il présente, en solution alcoolique, un pouvoir rotatoire de :

$$\alpha_d = + 10^{\circ},6$$
$$(p = 0,594 ; v = 10 ; l = 2 ; \rho = + 1^{\circ}16')$$

Le pouvoir rotatoire du produit hydraté varie avec le solvant. Il est deux fois plus grand en solution acétique qu'en solution alcoolique. Dans l'acide acétique pur :

$$\alpha_d = + 20^{\circ},0$$
$$(p = 0,216 ; v = 10 ; l = 2 ; \rho = + 52')$$

Le pouvoir rotatoire du produit anhydre s'accroît avec la température de déshydratation. Le corps desséché à $+ 100^{\circ}$ possède un pouvoir rotatoire triple du pouvoir rotatoire normal, soit :

$$\alpha_d = + 31^{\circ},7$$
$$(p = 0,410 ; v = 20 ; l = 2 ; \rho = + 1^{\circ}18')$$

La substance séchée à 110° donne :

$$\alpha_d = + 38^{\circ},2$$
$$(p = 0,2092 ; v = 20 ; l = 2 ; \rho = + 48')$$

Réactions colorées. — Ce corps présente un certain nombre de réactions de coloration :

a) Chauffé au bain-marie, avec quelques gouttes d'acide sulfurique pur, il fournit une coloration brun-rougeâtre, qui passe au violet après quelques minutes de chauffage.

b) Si on dissout quelques cristaux dans 1 cm³. d'anhydride acétique et si on ajoute à la solution une goutte d'acide sulfurique pur, il se développe une coloration violette, passant au violet rouge, puis au rouge.

c) L'acide sulfurique pur et froid dissout la substance en donnant un liquide ambré ; l'addition, à cette solution, d'une trace d'acide nitrique ou d'une parcelle de bichromate de potassium détermine une coloration rouge très stable.

Les propriétés physiques et chimiques, que nous venons de relater, sont identiques à celles du tormentol. D'après GORIS et VISCHNIAC, ce principe cristallise en fines aiguilles réunies en houppes. Il fond à + 227°, 228° et renferme en moyenne 12.64 p. 100 d'eau de cristallisation ; il subit une certaine transformation pendant la dessiccation à 100°. Il possède, à l'état hydraté, un pouvoir rotatoire variable avec le dissolvant, soit $\alpha_D = + 9,41$ dans l'alcool et $\alpha_D = + 20,77$ dans l'acide acétique. Enfin, il donne à chaud, avec l'acide sulfurique concentré, une coloration violette caractéristique.

Le principe isolé des organes souterrains du *Potentilla reptans* est donc bien le tormentol.

Il convient d'ajouter que cette substance existe aussi dans les parties aériennes de la plante. En effet, en concentrant les solutions extractives provenant des organes d'assimilation, nous avons obtenu un précipité moins abondant que dans le premier cas, mais de même nature.

D'autre part, le traitement des organes souterrains de la Potentille Anserine nous a fourni 0 g. 50 d'un produit cristallisé, présentant les principaux caractères du tormentol.

Par contre, nous n'avons observé aucune cristallisation de tormentol au cours de l'extraction des glucides de la Potentille printanière, et il nous fut impossible de déceler la présence de ce principe dans la plante, en employant la technique appliquée à la Tormentille par GORIS et VISCHNIAC et que nous avons rapportée plus haut.

En résumé, nos recherches montrent que le tormentol existe non seulement dans *Potentilla Tormentilla*, mais aussi dans *P. Anserina* et *P. reptans*. Il est probable que ce principe se trouve en quantité plus ou moins grande chez la plupart des espèces du genre *Potentilla* L.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Chacune des parties de ce travail comportant des conclusions détaillées, nous nous contenterons de résumer ici les principaux résultats fournis par cette étude :

Nos recherches biochimiques sur *P. Anserina*, *P. reptans* et *P. verna* nous ont permis d'extraire et de caractériser le saccharose des parties aériennes et souterraines de chacune de ces espèces.

D'autre part, elles ont établi l'existence, dans les tiges feuillées, d'hétérosides hydrolysables par l'émulsine. Il ne nous a pas encore été possible d'isoler ces principes, qui semblent exister en faible proportion, et dont l'extraction exigera, sans doute, une quantité considérable de matières premières.

En outre, nous avons décelé la présence d'émulsine, d'invertine et d'amylase dans chaque espèce.

En suivant les variations survenues dans la composition des trois Potentilles, au cours de leur végétation annuelle, nous avons montré qu'il existe des différences notables dans le métabolisme de leurs glucides :

P. Anserina et *P. reptans* sont comparables, par leurs tiges feuillées et leurs organes souterrains, aux plantes pérennantes à rameaux caducs. *P. verna*, au contraire, végété comme une plante vivace à feuillage persistant.

Enfin, au cours de nos recherches, il nous a été possible d'isoler, du *P. Anserina* et du *P. reptans*, un corps cristallisé présentant les caractères du tormentol, principe trouvé, en 1915, dans la Tormentille, par GORIS et VISCHNIAC.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

NOTA. — 1°) Les numéros de la colonne de gauche sont placés dans le texte, entre crochets, à côté des mémoires cités.

2°) Les chiffres de la colonne de droite renvoient aux pages du texte où se trouve mentionné le travail référé.

3°) Le numéro de page du mémoire correspond au commencement de l'article.

N ^{os}	Pages
1 MATTHIOLE — <i>Les Commentaires sur les dix livres de Dioscoride</i> . Traduction en français sur la dernière édition par A. du Pinet, Lyon, 1860, page 383.....	9
2 G. BONNIER — <i>Flore complète illustrée en couleurs, de France, Suisse et Belgique</i> . Tome III, pages 106, 107, 110.....	13
3 EM. BOURQUELOT — Recherches, dans les végétaux, du sucre de canne, à l'aide de l'invertine, et des glucosides à l'aide de l'émulsine. <i>Journ. de Pharm. et de Chim.</i> (6), XIV, 481, 1901.....	22
4 EM. BOURQUELOT — Sur l'emploi des enzymes comme réactifs dans les recherches de laboratoire. Hydratases. <i>Journ. de Pharm. et de Chim.</i> (6), XXV, 16, 378, 1907.....	22
5 H. HÉRISSEY — Recherches sur l'émulsine. <i>Th. Doct. Pharm.</i> 44, Paris, 1899.....	22
6 A. FICHTENHOLZ — Application de la méthode biochimique à l'analyse de la Busserole. <i>Journ. de Pharm. et de Chim.</i> (7), IV, 441, 1911....	25

N ^{os}		Pages
7	G. BERTRAND — Le Dosage des sucres réducteurs. <i>Bull. Soc. Chim.</i> (3), XXXV, 1285, 1906..	25
8	P. GILLOT — Recherches chimiques et biologiques sur le genre <i>Mercurialis</i> . - <i>Th. Doct. Sc. Nat.</i> , Paris, 1925.....	26
9	EM. BOURQUELOT et M. BRIDEL — Analyse d'un tubercule de <i>Dioscorea Mocabiha</i> provenant de Madagascar. <i>Journ. de Pharm. et de Chim.</i> (6), XXVIII, 494, 1908.....	26
10	EM. MICHEL-DURAND — Variation des substances hydrocarbonées dans les feuilles. <i>Th. Doct.</i> <i>Sc. Nat.</i> Paris, 1917.....	58
11	A. GORIS et CH. VISCHNIAC — Sur le tormentol, principe extrait du <i>Potentilla Tormentilla</i> Neck. <i>C. R. Ac. Sc.</i> 1915, t. 160, page 77 et <i>Bull. Sc. Pharm.</i> 1915, t. 22, page 117.....	67

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
Introduction	7
Historique	9
Description des trois espèces étudiées.....	13
Biologie de ces trois espèces.....	16

Recherches biochimiques

TECHNIQUE

Recherche et dosage des sucres et des hétérosides hydrolysables par les ferments.....	22
Dosage des matières amylacées.....	26

RÉSULTATS FOURNIS PAR L'APPLICATION DES PROCÉDÉS BIOCHIMIQUES A LA RECHERCHE ET AU DOSAGE DES GLUCIDES

Potentilla Anserina L.

Recherches préliminaires.....	27
Extraction et identification du sucre hydrolysable par l'invertine.....	28
Variations des constituants glucidiques de la P. Ansérine au cours de la végétation annuelle	30

Potentilla reptans L.

Recherches préliminaires.....	40
Extraction et identification du sucre hydrolysable par l'invertine.....	41
Variations des constituants glucidiques de la P. rampante au cours de la végétation annuelle	43

	Pages
<i>Potentilla verna</i> L.	
Recherches préliminaires.....	53
Extraction et identification du sucre hydrolysable par l'invertine.....	54
Variations des constituants glucidiques de la P. printanière au cours de la végétation annuelle	55
Variations comparées des glucides dans la P. ram- pante et dans la P. printanière.....	61
RECHERCHE DES DIASTASES DANS LES DIFFÉRENTES ESPÈCES :	
Recherche de l'invertine et de l'émulsine.....	64
Recherche de l'amylase.....	65
 Présence du tormentol dans les organes du P. Anserina L. et du P. reptans L.	
Extraction et identification.....	67
Conclusions générales.....	73
Index bibliographique.....	75

Vu et bon à imprimer
Nancy, le 18 Mars 1932

Le Doyen
P. SEYOT

Vu et permis d'imprimer
Nancy, le 19 Mars 1932

Le Recteur d'Académie
Président du Conseil de l'Université
L. BRUNTZ

